



TITLE:

# 【部局史編 2】 第18章: 原子エネルギー研究所

AUTHOR(S):

京都大学百年史編集委員会

---

CITATION:

京都大学百年史編集委員会. 【部局史編 2】 第18章: 原子エネルギー研究所. 京都大学百年史 : 部局史編 ; 2 1997: 972-1029

ISSUE DATE:

1997-09-30

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/152964>

RIGHT:

## 第1節 総 記

### 第1項 創設前期——中央実験所時代

京都大学原子エネルギー研究所は、その前身である工学研究所の時代を含めると、平成6(1994)年現在において創立満53年目を数えるが、さらにその前身である中央実験所の時代を考慮すれば、その源は大正3(1914)年に京都帝国大学理工科大学が工科大学と理科大学とに分離した当時にまでさかのぼることができる。

当時、工学における高度な研究を遂行し、独立した工科大学として発展するためには、規模の大きい実験設備を設けて各専門工学の間で十分な連絡をとり総合的研究を強く推進しなければならないこと、また基礎研究の成果を工業化するためには中間研究の必要であることが痛感され、機械工学科松村鶴藏、土木工学科日比忠彦両教授は総長沢柳政太郎にその研究設備の必要性を要望した。その誠意は沢柳を動かし、沢柳は総額15万余円に達する設備の設置を快諾した。松村、日比両教授は他の3学科、すなわち電気工学科、工業化学科および採鉱冶金学科より選出の本野亨、中澤良夫、渡辺俊雄の3教授を加えた設立委員会を設けて種々協議を重ね、元第三高等学校専門学部が実験室として使用していた建物の使用許可を得て、大正3(1914)年4月ここに工科大学中央実験所を創設し、所長に中澤が就任した。そして、総合研究の主旨に沿って2つ以上の学科が関係を持つ材料試験部(土木、機械)、水力実験部(土木、機械)、動力試験部(機械、電気、採鉱冶金)、高圧および高温実

---

\* 扉の写真は、原子エネルギー研究所。

験部(工業化学、採鉱冶金、電気)の4部門が設けられた。

このようにして、中央実験所は発足し、直ちに設備の充実に着手したが、当時研究用設備として商品化されたものは少なく、特に国産品は皆無といってよい時代であったため、ほとんど輸入品に頼ることになり、設備の充実に長時間を要した。しかも、時あたかも第1次大戦が勃発して輸入は途絶し、その後の諸物価の高騰など各方面に支障を来した。しかし、逐年設備の充実に努力し、ようやく大正8(1919)年頃からそれら設備を利用する実験が始められるようになった。この間に設置した主要な設備として、各種材料試験器、水力実験設備、高圧試験変圧器、圧縮器、遠心ポンプ、タービン、ガス炉、製氷設備などをあげることができる。これらの設備のうち、ガス炉あるいは製氷設備はそれを稼働して生産されるガス、氷を単に工科大学内で消費するにとどまらず、医科大学附属医院をはじめとして広く学内他部局にも供給を行い本学全体の進歩発展にも寄与した。

大正8(1919)年、工科大学は工学部に改められたが、その後もわが国工業界の発展に資しつつ順次内容の充実を図ってきた。特に昭和5(1930)年には中央実験所委託研究規程を設けて広く学外からの研究の依頼にも応じる体制を整え、時代の要請に合致したこの種の研究は逐年増加した。

ようやく設備内容の充実も完



写真18-1 中央実験所本館



写真18-2 工学研究所旧正門付近

成の域に達しようとした昭和8(1933)年、たまたま災禍に遭ってその施設の大部分を灰燼に帰した。しかしながら、工学部として最も力を傾注してきた総合研究機関としての中央実験所をそのまま廃滅するには忍びないとして、幸い急速に復旧案が提出され、昭和10(1935)年鉄筋2階建て延べ2,900㎡の中央実験所本館が竣工し、その後時代の変遷、社会情勢の進展を考慮して組織は物理工学、化学工学、構造工学、溶接、航空および防空の5部門に編成替えされた。

このように、中央実験所は工学部各専門分科相互間に関連した問題の探究と、専門を異にした教官の共同研究の場として、1つの有機体を構成して発展してきた。そして、昭和5年その研究連絡の1方法として、工学部各教官によって行われた研究成果を1つにまとめた『工学研究』を中央実験所において編集することとなり、以後『工学研究』は定期刊行物として発刊された。

## 第2項 沿革

### 1. 第1期——工学研究所の設立

工学研究所は、その前身である中央実験所の時代を含めるとすれば、京都大学附置研究所のうちで最も古い歴史を持つ研究所である。

既述のように、中央実験所は異なる専門分野を横に連繫するという理念のもとに着々と成果を収めつつあったが、昭和15(1940)年頃よりこれを1つの独立した研究所として、専任所員と独自の予算措置を持ちたいという機運が関係者の間に生まれてきた。そこで、所長中澤はじめ、喜多源逸、鳥養利三郎、西原利夫、西村秀雄、坂静雄らの諸教授が相寄り、その構想について慎重に審議を重ねて中央と折衝したところ、政府も本研究所の業績は既に認めていたので積極的にこの案を支持した。昭和16(1941)年4月には工学部教授会もこれを可決し、昭和16年11月28日には、勅令第1022号によって正式に官制発布となり、「工学に関する学理とその応用の総合的研究」を設置目的と

する工学研究所が京都大学附置研究所として新しく発足することとなった。定員は、教授および助教授5名、助手10名、書記2名であった。所長には、中央実験所時代に引き続いて中澤が、所員(併任教授)として西原利夫、西村秀雄、坂静雄の3教授がそれぞれ任命され、また、従来の中央実験所の建物および設備の全部が本研究所に移管されることとなった。研究部門も従来の5部門、すなわち、物理工学(西原担当)、化学工学(西村担当)、構造工学(坂担当)、溶接、航空および防空の諸部門のままをもって発足した。

昭和16年12月には、本研究所の最高機関となるべき協議委員会の規程が制定された。最初の協議員としては、早くから本研究所の開設準備委員として力を尽くしてきた、前記中澤、鳥養、西原、西村、坂の各教授に、新しく岡本赳、高橋逸夫の両教授を加えた7教授が任命された。

本研究所創立の精神は、中央実験所時代の理念を引き継ぐもので、工学の各専門分野における研究はもちろん、特に各分科相互間に関連した問題に対し、専門の異なる研究者の協力によって総合的研究を遂行するほか、広く学外の要請に応じて、研究を受託するなど、工学に関する学理とその応用の有機的結びつきを目途として運営された。総合的あるいは境界領域の科学技術の展開は、今日においても極めて重要であるが、早くからその意識的運営を目指した本研究所、さかのぼって中央実験所の理念は極めて重要なものであったというべきであろう。工学研究所として発足したのは、このような先見的理念を、より強力に推し進めるための具体的方策として、専任所員と独立予算の裏付けを行おうとした諸先輩教授の見識と努力が結実したものである。

昭和18(1943)年には、協議員の岡本が溶接部門、また新たに協議員となった藤本武助が航空および防空部門の併任教授となり、ここに5部門がすべて充実された。昭和18年10月、本研究所のために大きな足跡を残した所長中澤の退官により、所長に教授鳥養利三郎が就任した。当時、太平洋戦争は既に難局を示し、非常時体制において工研建造物防空上の問題、研究費の不足など多難な時代であったが、所長鳥養のもとに研究所はその伝統的な研究を続

## 第18章 原子エネルギー研究所

行した。そして、終戦と同時に航空および防空部門は削除された。戦後の混乱の最中に、昭和20(1945)年11月、教授西村秀雄が所長に就任し、昭和21(1946)年には材料工学部門が新設された。

昭和22(1947)年3月に、所長は教授西原利夫となり、ようやく本研究所も混乱時代の中から新しい時代の研究体制を立て直しつつあった。昭和24(1949)年に専任所員研究室の設定、研究生および実習生の内規制定、協議員会規程改正などがあり、また昭和25(1950)年には専任助教授も7名を数えるに至った。

昭和25年3月、教授松田長三郎が所長に就任したが、昭和25年のうちに、溶接部門は電気工学部門と改められ、また軸受研究部門が増設されて全部門は、物理工学、構造工学、電気工学、化学工学、材料工学、軸受研究の6部門となるとともに、昭和26(1951)年に専任教授2名の定員が初めてつくこととなった。軸受研究部門は修学院にあった元財団法人軸受研究所(鳥養が理事長兼所長)の賠償指定解除により、その寄付を受け入れたもので、教授佐々木外喜雄が併任教授として研究指導を行うこととなり、昭和25年4月、本研究所は新たに修学院分室を設置するに至った。昭和26年11月には、本研究所の10周年記念式典が盛大に行われた。また、昭和27(1952)年には、教授西村秀雄が本研究所最初の専任教授に就任した。

創立10周年を契機として、本研究所独自の学術出版物を刊行することが所長松田のもとで計画され、欧文による研究報告“Technical Reports of the Engineering Research Institute, Kyoto University”(不定期発行)と、国内向けの彙報『工学研究所彙報』(年2回発



写真18-3 工学研究所創立10周年記念。  
向かって右より、松田所長、西原教授、中澤名誉教授、岡本名誉教授、羽田元総長、西村教授、服部総長、石川芳次郎、園名誉教授。

行)との2種類の刊行物を出すことに決定、前者の1号が昭和26年3月、後者の第1輯が昭和27年3月にそれぞれ刊行されることとなった。彙報第1輯には、10周年記念特別講演3件、記念研究発表会講演9件ばかりに関する記載がある。彙報の発刊に伴い、中央実験所時代より編集してきた『工学研究』は、昭和27年1月の第15輯を最後として、以後工学部の手に委ねられた。ちなみに、平成6(1994)年7月現在、欧文研究報告は131号、彙報は85輯を数えている。

工学研究所は、特に工学部との共同研究、人事交流、研究所外からの受託研究などを通じて、その設置目的に沿った成果をあげてきたが、昭和27(1952)年4月、教授岡田辰三が所長に就任し、この頃より本研究所の使命についての再検討の機運が生じてきた。昭和28(1953)年5月、教授藤本武助が所長に就任した。昭和29(1954)年5月には、研究所全職員の親睦団体として工研会が発足した。所長藤本は、研究所の主体性を一層強くして、研究の遂行がより円滑に行われるための環境を育成することに格別の意を払い、そのための具体的な運営方針確立に努力し、本研究所は大きな変化と脱皮を遂げる時機を迎えて、次に述べる第2期に入ることとなった。

## 2. 第2期——工学研究所の整備と原子力研究への転換

本研究所の主体性を強くしていくための運営面の条件を整えながら、特色ある研究課題を遂行する研究所として成長するために、本来、総合研究の伝統を持つ本研究所としてどのような方針を立てるべきかにつき、所長藤本を中心に関係者は検討を重ねた。時あたかも、日本科学技術界の重要課題として原子力の平和利用が叫ばれる時機を迎えており、京都大学内にこの方面の研究陣を持つことが全学的に緊急な要件となっていたので、本研究所こそが、従来の総合研究の基盤を生かして、原子力研究を受け持つのが最も適当と考えられるようになった。こうして昭和30(1955)年9月に至り、種々の客観状況を考慮して、原子核工学研究の線に沿った概算要求最終案がまとめられ、文部省に提出の運びとなった。同時に1MW水泳プール型研究用原子炉

を本研究所に設置する具体案が概算要求に載せられた。これらの計画は、課題の性質上当時の国民感情からして、反対の声も強かったのであるが、そのような雰囲気にもめげず学術研究の立場からその困難を克服して、本研究所の関係者が相当の期間をかけて綿密に練り上げてきたものである。

幸いにして関係者の努力は実り、この新しい概算要求は政府の認めるところとなって、昭和31(1956)年4月に部門変換および新設に関する初年度の予算が付与される運びとなり、ここに本研究所は、原子炉および原子核工学分野の基礎研究を指向する研究所として脱皮を開始した。当時の日本におけるこの方面の研究はまだ緒についたばかりで、再出発した本研究所の責務は大きく、中央実験所以来の本研究所の歩みを振り返るとき、これはまことに重大な転機であったといわねばならない。

まず、最初の部門変換として、昭和31(1956)年度中に、化学工学部門および軸受研究部門がそれぞれ原子核化学工学部門および原子炉構造部門に改められた。昭和31年9月、教授林重憲が所長に就任し、昭和32(1957)年度には新しく原子燃料部門を設け、同33(1958)年度に原子炉計測工学部門を新設するとともに材料工学部門を原子炉材料部門に改めた。この間、専任教官の海外派遣などが行われ、また自動制御関係の研究施設が修学院分室内に設置された。

昭和33(1958)年9月、教授長尾不二夫が所長となり、同34(1959)年度に物理工学部門および構造工学部門をそれぞれ放射線応用工学部門および原子炉保安工学部門に改め、本研究所の部門転換もほとんど完了し、それに伴う教官など研究陣の充実が活発に行われた。

所内に設置予定であった研究用原子炉については、その規模から見て全国共同利用にすることが望ましいという政府の見解に従うことになり、昭和32年度に初年度分の予算が付与された。これに関連し、京都大学に研究用原子炉設置準備委員会が設けられ、原子炉設置に関する計画、原子炉の型式、原子炉設置の場所、管理運営の方法などについて、検討立案が進められたが、宇治案に対する強硬な反対に端を発して、設置場所に関しては多くの紆余曲



折があった。一方、京都大学、大阪大学を中心とする研究者によって組織された専門委員会は、準備委員会および昭和35(1960)年京都大学に設けられた建設委員会のブレーンとして、技術的計画に当たった。土地問題も昭和35年12月に大阪府泉南郡熊取町が最適地として選定されるに至り、京都大学では本工学研究所に、従来の所内関係研究者に加えて将来原子炉の要員たるべき教官を集め具体的作業を進めることとなった。建設が具体化されるに従い、昭和37(1962)年には、学内に研究用原子炉建設本部(第2節で再述)が設けられ、原子炉施設建設の任務を遂行した。なお、建設本部は工学研究所の中に置かれたが、研究所とは別のものとして運営された。

研究用原子炉は、既述のように最初本研究所を母胎として生まれつつあったのであるが、その後、関係委員会において慎重審議の結果、全国利用の実をあげるには本研究所とは別個の独立した機関として運営することが望ましいとの結論に達し、下って昭和38(1963)年4月、原子炉実験所が新たに京都大学に附置されることになった。そして、本研究所は純然たる研究遂行の機関としての性格を保持していくことが確認された。ちなみに、この研究用原子炉は昭和39(1964)年6月に臨界実験に成功している。

昭和35(1960)年9月、教授堀尾正雄が所長に就任した。昭和36(1961)年度には、電気工学部門が粒子線工学部門に転換されて、ここに、原子炉構造、粒子線工学、原子炉計測工学、原子燃料、原子炉材料、原子核化学工学、放射線応用工学、原子炉保安工学の8部門が全部揃い、本研究所の原子核工学分野の基礎研究は漸次軌道にのり、幾多の見るべき業績を生むようになった。なお、文部省令により、昭和38(1963)年4月以降従来の「部門」は「研究部門」へと改められた。

所長堀尾の在任は5年半にわたったが、この間所長の精力的な尽力を中心として、本研究所は、研究機器および建物の面で飛躍的な充実を見た。すなわち、昭和39(1964)年度以降4年間にわたり、超高温原子炉材料に関する研究を課題として、特殊設備の予算が付与され、多くの新鋭研究機器が購入されて研究活動に大きな力を加え、研究所近代化に向かって面目を新たにし



写真18-4 工学研究所宇治新館

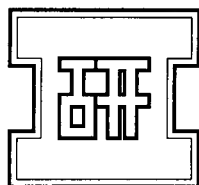


図18-1 工学研究所標章

た。

一方、建物に関しても、従来の吉田構内のそれが、古くかつ狭隘となってきたために、新しい移転先を宇治市五ヶ庄の本学宇治地区に求め、研究所・センター群の集中移転による宇治キャンパス整備の先鞭をつけた。昭和40～42(1965～67)年度に鉄骨コンクリート造り5階建ての新館(延べ5,295㎡)が新築された。昭和41(1966)年3月に所長樫木義一が就任し、同年6月には、宇治新館の竣工式を兼ねて本研究所創立25周年記念の式典が盛大に行われた。同時に本研究所の主力が宇治地区への移転を開始し、昭和44(1969)年にはほぼ移転が完了した。昭和43・44年度には、原子炉安全解析に関する研究のための特別設備が認められ(原子炉構造、原子炉計測工学、原子核化学工学、原子炉保安工学各研究部門)、これらを収納するための原子炉安全解析実験装置室(465㎡)も新営され、本格的な原子力研究に踏み出した。

昭和40年代中頃のいわゆる大学紛争の余波は研究所にも波及し、研究所構成員および大学院生を含む全員の意見集約の場として工研集会と称した全員集会が数回、またいくつかの作業委員会が延べ30回以上にわたって開催された。討議の対象は、大学管理をめぐる社会情勢への対応、研究所の所長選考、管理運営機構、宿日直問題など様々で、この中から現在の研究者会議が生まれた(昭和46年4月)。これは助手以上の教官全員で構成され、毎月2回定例に開催することを原則として、現在までに通算260回余を数えている。

なお、これより以前から教官(専任講師以上)の協議・連絡の場として、長らく機能してきた昼食会(原則として毎週1回開催)は廃止された。図18-1の記章は工学研究所の標章として、昭和46(1971)年原子エネルギー研究所への改組転換まで、要覧や彙報などの公刊物の表紙にも用いられてきたものである。なお、職員の親睦団体として以前から存在していた「工研会」は今もなおそのままの名称で、職員の親睦、厚生活動などに寄与している。

昭和45(1970)年度の研究所定員は、教授8、助教授8、講師1、助手13、事務官6、その他26、計62であった。最後に、創立以来昭和45年までの協議員(所長)名(\*印は専任教授)を次に付記しておく。中澤良夫(初代所長、昭和16~18年)、鳥養利三郎(第2代所長、昭和18~20年)、高橋逸夫、岡本赳、西原利夫(第4代所長、昭和22~25年)、西村秀雄(第3代所長、昭和20~22年)、坂静雄、菊川清作、宮田道雄、藤本武助(第7代所長、昭和28~31年)、岡田辰三(第6代所長、昭和27~28年)、亀井三郎、近藤泰夫、高田亮平、松田長三郎(第5代所長、昭和25~27年)、澤村宏、長尾不二夫(第9代所長、昭和33~35年)、兒玉信次郎、石原藤次郎、佐々木外喜雄、林重憲(第8代所長、昭和31~33年)、三雲英之助、森田慶一、小西一郎、郡利矩\*、阿部清、成岡昌夫\*、河根誠\*、吉田文武、平修二、榎木義一(第11代所長、昭和41~47年)、岩井重久、堀尾正雄(第10代所長、昭和35~41年)、吉澤四郎、高村仁一、西朋太\*、澤村泰造\*、水科篤郎、横尾義貫\*、佐藤俊\*、丹羽義次\*、高松武一郎\*、阪口忠雄\*、鈎三郎\*、藤野清久、西原宏、服部嘉雄\*、櫻田一郎、江口彌\*、若林二郎\*、櫻井彰\*、森本武\*、高橋幹二\*。

### 3. 第3期——原子エネルギー研究所への改組

昭和31(1956)年以降、原子力研究に転換しつつあった工学研究所は、昭和46(1971)年4月1日をもって「原子エネルギーの開発利用に関する学理とその応用の研究」を設置目的とする原子エネルギー研究所となった。

『工学研究所彙報』は39輯をもって終了し、40輯からは『原子エネルギー研究所彙報』に改題された。当時の所長榎木は、その巻頭言において「……

## 第18章 原子エネルギー研究所

旧工学研究所が原子力を標榜して以来十数年余り、ようやく所内外ともに原子エネルギー研究所としての発足にふさわしい諸条件がととのってきたのである」と述べ、また「原子エネルギーの開発研究は総合科学であり、総合技術であり、いわゆる inter-disciplinary なアプローチを必要とし、……わが研究所が今回の発足に際して最も強く主張している点はグループ研究の重要性である」として、転換後の研究所の目指すべき方向について言及している。

昭和51(1976)年には専任教授西朋太が所長に就任した。この間、昭和47、52年には、それぞれ原子炉事故解析、原子エネルギー変換(客員)の2研究部門が新設され、現在本研究所は、原子炉構造、粒子線工学、原子炉計測工学、原子燃料、原子炉材料、原子核化学工学、放射線応用工学、原子炉保安工学、原子炉事故解析の9固定研究部門と1つの客員研究部門からなる。

客員研究部門の教官(教授・助教授各1名)は、任期3年(重任の場合は5年)として、その時期において必要度の高い分野における学外の研究者から任用され、固定部門とも協力しながら研究成果をあげている。工学研究所の時代には、数名の工学部教授を併任とし、また多数の研究担当教官(主として工学部教授)を委嘱して、工学における幅広い研究活動を行ってきた。原子エネルギー研究所に転換後もしばら

くはこの体制が継続したが、昭和49(1974)年頃からは欠員に対するもの以外の併任、あるいは研究担当は原則として置かれなくなり、代わって、昭和53(1978)年からは学外から毎年数名の非常勤講師を委嘱して、所外との研究交流が行われている。

昭和46(1971)年以後、次節で



写真18-5 本館屋上より(左から)機械工作棟、原子炉安全解析実験装置室、高温液体伝熱流動実験室、プラズマエネルギー直接変換実験棟を望む。

述べるような10件に及ぶ実験研究のための特別設備が順次設置され、その他の研究環境も格段に整備された。特別設備のうちの大型装置を収納するため、マグネトプラズマ実験装置室(昭和46年度、609㎡)、高温液体伝熱流動実験室(昭和56年度、481㎡)、プラズマエネルギー直接変換実験棟(昭和57年度、679㎡)が新営され、また、昭和51(1976)年度には事務室部分の増築、昭和54(1979)年度には新設2研究部門のための研究棟本館の増築があり、当研究所の使用する本館面積は合計6,589㎡となった。このほかに当研究所が使用、管理する建物は機械工作棟、電話交換室などを含めて計9,295㎡である。

研究所共通の施設としては、図書室(宇治地区共通)、機械工作棟、放射性物質取扱実験室などがあり、平成5(1993)年度には共用の電子計算機も整備され、研究所の研究活動は、昭和42(1967)年に制定(昭和55年改定)された「研究成果の集録と公刊に関する基準」により、『京都大学原子エネルギー研究所要覧』(2年ごと)、『京都大学原子エネルギー研究所彙報』(年2回)、欧文研究報告“Technical Reports of the Institute of Atomic Energy, Kyoto University”(適宜)、“Research Activities of the Institute of Atomic Energy, Kyoto University”(年1回)にまとめて紹介されている。また、工学研究所の創立された11月28日は、今日でもなお研究所の創立記念日として公開講演会や工研会主催による懇親会などの行事が催されている。

公開講演会は昭和41(1966)年から、当初は所内の研究交流を深めるものとして企画され、昭和41～43年は、本部構内またはその付近で、その後は宇治構内で開催されたが、特に平成2(1990)年からは、場所も再び本部構内近くを選び、一般研究発表のほか、その時期に適した課題についてのシンポジウムや特別講演など、工学における研究の情報



写真18-6 平成6年度公開講演会  
(於京大会館)

## 第18章 原子エネルギー研究所

発信の場を提供するよう努力している。ちなみに最近の特別企画の主題は、平成2年「将来技術の基礎課題とその展望——大学における研究の役割と使命」、平成3年「工学領域における将来の研究課題と展望——エネルギーと物質の科学を中心に」、平成4年「エネルギーと環境」、平成5年「工学分野における複雑な系」であった。

研究所の管理運営は、「研究所の常務に関する重要事項」を審議する協議委員会(所長、研究所専任および併任の教授ならびに学内他部局の教授若干名)、「協議委員会付議事項および研究所の常務に関する事項」を審議する専任教授会によって行われるほかに、昭和46(1971)年に設置された研究者会議が「研究所における研究に関する事項」について審議する。また、研究所内の研究出版に関する諸業務を執行するために、編集委員会議を構成する各種担当委員が置かれ、さらに、特殊の管理運營業務のために、自己点検・評価委員会、放射線障害予防委員会、核燃料物質管理委員会、安全委員会が置かれている。

平成6(1994)年度の研究所定員は、教授10(うち1は客員)、助教授10(うち1は客員)、講師1、助手16、事務官6、技官7、その他9、計59である。次に昭和46(1971)年以降現在までの協議員(所長)名(\*印は専任教授)を掲げる。榎木義一(第11代所長、昭和41～47年)、岩井重久、西朋太\*(第13代所長、昭和51～52年)、吉澤四郎、高村仁一、丹羽義次、鈎三郎\*(第14代所長、昭和52～54年)、西原宏、桐榮良三、服部嘉雄\*(第15代所長、昭和54～58年)、江口彌\*、若林二郎\*(第18代所長、平成元～3年)、櫻井彰\*(第16代所長、昭和58～62年)、森本武\*、高橋幹二\*(第19代所長、平成3年～)、福井謙一、水科篤郎(第12代所長、昭和47～51年)、佐藤俊、近藤良夫、近藤文治、赤井浩一、西島安則、端野朝康\*(第17代所長、昭和62～平成元年)、岩崎又衛\*、原田誠\*、飯吉厚夫、神野博、得丸英勝、川端昭、真嶋宏、中川博次、西川禪一、竹原善一郎、大引得弘、新宮秀夫、東邦夫、吉川潔\*、吉川榮和\*、浅野満\*、池上詢。

本研究所は平成3(1991)年、工学研究所創立から数えて50周年を迎え、こ

れを記念する小宴が芝蘭会館で行われた。この50余年間、本研究所は一貫して京都大学における総合的・学際的工学研究の一翼を担い、なかんずくこの二十数年は、原子エネルギーの開発と利用の基礎あるいはこれに関連するいくつかの先端的領域において見るべき成果をあげてきたが、最近その研究領域は、エネルギー変換、システム工学、物質・材料工学、環境工学など、主としてエネルギーに関連するより広い工学分野に拡大しつつある。

今日、科学技術基礎研究における大学の役割、さらには大学附置研究所のあり方が問われており、本研究所もその使命と今後の方向について、昭和60年頃から長期にわたって検討を重ねてきた。すなわち、エネルギー基礎工学研究所あるいは応用物理研究所などへの転換、あるいはまた大学院エネルギー科学研究科への参画が検討されてきたが、いずれにしても、本研究所のこれまでの伝統と実績を基盤とし、エネルギーを中心的研究課題とした新しい研究教育の領域を担うことによって、その社会的・学術的要請に応えるべく、組織の再編成について全学的立場から検討している。なお、昭和58(1983)年以降最近10年間の本研究所の動向については、『京都大学原子エネルギー研究所——現状と課題』(平成5年12月)に、詳細にわたって紹介されている。

## 第2節 研究活動の発展

### 第1項 第1期(昭和16~29年)における研究活動

教授西村秀雄は金属工学、特に非鉄金属材料の研究に没頭していたが、工学研究所創立以来昭和29(1954)年まで本研究所併任教授、専任教授、あるいは所長を歴任し、本研究所の前身である中央実験所時代からその研究の大部分を工学研究所において発展させた。西村の初期の研究は主としてアルミニウム合金に関するもので、アルミニウム-亜鉛合金の時効硬化の研究に始まり、特にアルミニウム三元系合金平衡状態図の系統的研究は世界に誇り得る業績の1つで、当時の実用アルミニウム合金の金相学的意義はこの状態図により余すところなく解明されたといってよい。また西村とその共同研究者による各種のアルミニウム合金の時効硬化現象、アルミニウム単結晶を用いて行った塑性変形の基礎研究などいずれも他に先んじて研究に着手し、優れた創意により著しい成果をあげた。

昭和17(1942)年より同19年まで福井康興が助教授として西村の研究に協力し、アルミニウムの常温圧延組織のX線による研究を行い、また原田隆康も短期間ではあったが助教授に就任して国産アルミニウムに関する研究を行った。次いで、昭和22(1947)年より昭和29(1954)年まで足立正雄が助教授として西村の研究に協力し、錫、マンガン、アルミニウムなどの元素を含んだ銅合金の電氣的ならびに金相学的研究に成果をあげた。

西村はまた戦後、新金属としてチタンが注目されるやいなや、率先してチタン精錬法の研究を開始し、わが国において初めて靱性チタンの製造に成功し、その工業化に尽力するとともに、チタン合金の開発に関して広範な研究



を行い、チタンを主とする三元系合金平衡状態図の研究、耐蝕性チタン合金の研究などに顕著な成果をあげた。

教授中澤良夫は工学部中央実験所時代より本研究所の創設に力を尽くし、本研究所設立と同時に併任教授、初代所長に就任、無機工業化学、主として稀元素類、特にタングステン、モリブデンなどの粉末冶金法による精錬精製につき数多くの業績をあげ、業界に対しても指導的役割を果たした。

昭和17(1942)年、田原秀一が助教授に就任し、同24(1949)年までの間、工学部燃料化学科教授兒玉信次郎の指導のもとで一酸化炭素と水素を原料とする中圧石油合成の研究、特に油収量に及ぼす諸反応条件の影響と合成用触媒に関する詳細な研究を行い多くの報告を発表した。

昭和20(1945)年、工業化学科教授岡田辰三が本研究所教授に併任され、同教授のもとで電気化学、特に各種水溶液の電解、電解蓄電器、鍍金などについて広範な研究が行われた。昭和25(1950)年、西朋太が助教授に就任して岡田の研究に協力し、電解蓄電器について、電解液の構造と物理化学的性質、不純物の影響、電解腐蝕、蓄電器用電極などの研究を行い、またガラス電極に関して電極用ガラス、電気抵抗などの電極特性の改良、工業用 pH 計の開発など、pH 制御の理論および乾電池に関する多くの研究成果を昭和30(1955)年頃までに次々と発表した。

昭和29(1954)年、河根誠は助教授に就任し、間もなく教授に昇任して同31年退官したが、その間岡田と協力して世界的な注目を集めた新金属チタンについて、チタン精錬における熔融塩電解法の研究に着手し、まず三塩化チタンの電解に成功し、その電解槽と電解技術の研究、電極反応機構の研究を行い、その研究成果からさらに弗化チタン電解法へと発展した。

昭和24(1949)年、鈎三郎が講師に就任し、岡田の研究に協力して当時ようやく実用段階に入った電子顕微鏡を、無機化学の研究、すなわち沈殿凝集体、銅電解面などの粉末結晶および電析結晶の研究に導入した。これらの研究に当たり、同講師は世界に先駆けて電子顕微鏡用の粉末試料の作成およびレプリカなどの技術を開発し、あるいは電子顕微鏡による特定箇所の連続観

## 第18章 原子エネルギー研究所

察を行うなど独特な研究を続け、その知見は昭和31(1956)年頃までに発表された。

昭和24(1949)年、化学機械学科教授亀井三郎は本研究所教授を併任し、昭和30(1955)年停年退官まで、亀井が考案設計して中央実験所時代より引き続き使用していた恒温恒湿乾燥実験装置などの設備を使用して、工学部助教授桐榮良三の協力を得て乾燥に関する研究を実施した。亀井の本研究所における研究は蚕繭、染料、木材合板、イースト、塩化ビニル、泥状物質など広範な各種材料の乾燥特性についての基礎的研究に始まり、それら材料の適用乾燥器の研究、さらに高周波、赤外線、溝型攪拌、トンネル、バンド、多重段円板および気流乾燥器と多種多様に及ぶ乾燥器の特性とその設計法の研究へと発展し、乾燥装置の合理的設計法を確立し、工業界へ寄与した役割は大きい。

教授坂静雄は本研究所創設当初より昭和35(1960)年まで本研究所教授を併任し、同教授らによる各種コンクリートに関する実験研究はその後も後継者によって行われた。坂の研究は、鉄筋コンクリートのクリープ、鉄筋コンクリートの現場電気養生、高温下におけるモルタルの弾性係数測定に関する研究など極めて多彩なものである。また、昭和30(1955)年頃からはプレストレスコンクリートに関して精力的な研究が行われ、各種工法によるプレストレスコンクリートの定着部応力状態、破壊状況などに関して数多くの研究成果が発表され、この分野の技術の発展に貢献するところ大なるものがあつた。

昭和17(1942)年、横尾義貫が助教授に就任した。横尾は昭和20年工学部へ転出し、同33年本研究所教授となり、同34年再び工学部に転出した。横尾らによって始められた構造力学に関する研究は、昭和25・26年にわたる助教授馬場善雄のラーメン構造の解法に関する研究、昭和29(1954)年から同31年にかけての教授成岡昌夫の平板ならびに格子桁に関する研究などをあげることができる。

土木工学科教授小西一郎は昭和27(1952)年から同32年まで本研究所教授を併任し、その後も研究担当教授として本研究所において研究に当たったが、

小西らによる各種溶接継手の疲労強度に関する一連の研究、特に統計的手法の応用による研究は注目すべきものであった。また、小西が昭和27年から同33年にかけて行った各種土木構造物の振動実験が土木工学上果たした役割は大きいものがある。

丹羽義次は昭和26(1951)年助教授に就任し、同34年教授に昇任して同39年工学部へ転出するまでコンクリートダムに関する数多くの実験研究を行った。本研究には森忠次が昭和33年助教授に就任して同37年工学部に転出するまで協力した。丹羽、森らの研究は各種コンクリートダムの内部応力解析、振動性状解析、あるいは基礎岩盤に関する研究など広い分野に及んでいる。これらの研究に適用された光弾性実験法は、その後も土木工学の分野で種々の構造物の応力解析に適用され多くの成果があげられた。

教授鳥養利三郎は本研究所創設に当たって重要な役割を果たしたが、昭和18(1943)年に併任教授となって主として高電圧工学関係の研究を指導するとともに、同時に所長に就任して、終戦時前後の多難な時代を克服し、本研究所の礎を固めるのに大きな力を尽くした。同教授は、所内に1,000kV 衝撃電圧発生装置および900kV 交流高圧発生装置を設置して、本邦における高電圧研究分野に先鞭をつけ、幾多の優秀な関連研究者を養成した。特に、高電圧放電特性、コロナ放電、雷および衝撃波測定装置、高圧機器の衝撃波特性等の実験および理論的研究、また、自然雷の観測測定などについて業績をあげ、当時の電力技術界の進歩に大きな貢献をもたらした。

教授岡本赳は、昭和18(1943)年に溶接工学部門の併任教授となり、長年にわたる研究成果を基にして溶接研究室の指導に当たり、助教授加藤夔雄、助教授浮田勇らの研究協力者とともに斯界の指導的役割を果たすとともに、溶接技術の普及に尽くすところが多かった。

溶接研究室では、既に当時の工学部助教授安藤弘平が岡本の指導のもとに、溶接アーク特性、溶接機試験法、交流アーク機器、抵抗溶接における制御の問題などに関して重要な成果をあげ、斯界に貢献した。昭和19(1944)年、助教授加藤はそのあとを引き継ぎ、昭和20年急逝に至るまで短期間で

ったが、抵抗溶接に関する諸因子の計測と電流波形の制御などに関して研究を行った。昭和22(1947)年、助教授浮田は加藤のあとを受け、静電蓄勢式点溶接に関する研究に力を尽くした。

昭和23(1948)年岡本の退官後は、工学部教授林千博が主となって浮田らを指導し、点溶接部の温度分布、その信頼度向上、また点溶接における加圧力の効果など一連の研究成果を収めた。その間、溶接工学部門は電気工学部門となったが、引き続き溶接関係の研究は進められ、昭和28(1953)年には、各方面の援助により溶接研究室の増築が実現するに至った。浮田は、昭和29年京大から転出後昭和38(1963)年工学部教授として本学に戻り、同年、林に代わって研究担当となり、溶接関係の物理、計測制御、またマイクロ溶接に関するレーザー応用などの研究を遂行した。

教授松田長三郎は、昭和23(1948)年、岡本のあとを受けて併任教授となり、主として照明関係の研究を指導するとともに、同25(1950)年には所長に就任して、出版物の刊行など本研究所の進展にも重要な役割を果たした。松田は、中央実験所初期の時代から既に、タングステン白熱弧光灯の開発、各種超高压水銀灯の研究を行ってきたが、超高压水銀灯は戦時中は艦船間の光通信用光源として大いに活用され、戦後は集魚灯、映写機用光源などとしても利用された。松田はまた、炭素アーク、特に高気圧炭素アークの研究を行い、太陽輝度に近い高輝度アークの発生に成功している。一方、炭素アーク中のCN分子スペクトルを用いたアークの陽光柱温度の測定法についても研究した。

蛍光放電灯の点灯特性に関する研究は、昭和21(1946)年頃より松田の指導のもとに、主として当時工学部講師阪口忠雄によって行われ、その起動特性に及ぼす種々の外外界の影響を究明したが、その成果は各種の蛍光放電灯点灯回路、調光回路の開発に寄与している。EL(エレクトロルミネセンス)の研究は、昭和27(1952)年頃松田の指導のもとに始められ、同31年松田の本学退官後は、助教授阪口忠雄により引き継がれて研究されたが、その研究成果のうち、ELの測光法は微弱輝度有色光源の標準的な測光方法を与えるものと

して大きな意義を持っている。

教授林重憲は早くから電力系統および演算子法応用の理論的研究分野で活躍しつつあったが、昭和25(1950)年、松田のあとを受けて本研究所の併任教授となり、同時に従来の溶接工学部門が電気工学部門に変更されるに及んでからは、同部門の中心的研究者また指導者として、独自の創意を生かし幾多の研究協力者を組織的に指導して、各分野に輝かしい業績を残した。

電力系統に関する研究は、当初鳥養の指導のもとに始められたもので、林は、衝撃波に対する変圧器等価インピーダンス、測定遅延線および分圧器など測定回路の研究を遂行した。送電線および関連諸機器の進行波特性を測定する方法として、いわゆる第1および第2京大法が創始されたが、これは以後1つの標準法となり、電力会社においても広く取り入れられるようになったものである。また、多導線系、垂直導体、通信ケーブルの進行波、通信線の電磁誘導、対称座標法の一般化に関する問題などの研究が助教授服部嘉雄らの研究協力者とともに遂行された。そのほか、コロナ雑音、変圧器巻線の内部電位振動、故障点自動標定および修理の機器開発などの研究があるが、これら数多くの研究が、多くの場合、電力界、産業界との緊密な連繋のもとに行われたことは特筆に値しよう。また、電氣的模擬回路応用に関する研究が、林により強力に推し進められた。林は早くから、機械系、流体系、熱系が電氣的相似回路によって能率よく解けることに着眼し、その方法の開拓に意を用いてきた。具体的には、クランク軸振り振動、流体振動系、洪水追跡器の開発などに関する研究があったが、これらはその後のアナログ演算機の先駆けをなしたものと見るができる。

昭和25(1950)年、財団法人軸受研究所の工学研究所への移管、それに伴う修学院分室の設置とともに工学部教授佐々木外喜雄が新設の軸受研究部門の併任教授となった。また、杉本豊および遠藤吉郎は助教授に、小野繁および大谷武一は講師に任ぜられ、引き続き軸受関係の研究を行った。すなわち、杉本は、佐々木の指導のもとに、主として軸受の流体潤滑に関する理論的ならびに実験的研究を行い、軸受油膜圧力の分布、油溝の効果などを明らかに

し、また、合成樹脂軸受、焼結含油合金軸受の特性について貴重な成果をあげた。

遠藤は、併任教授西原利夫の指導のもとに、主として転がり接触における耐久限度に関する研究を行い、2曲面相互間の接触状態の変化、転がりに含まれる滑りの影響などの研究により、転がり接触疲労の機構を、材料力学的、材料学的に明らかにするとともに、これらの基礎となるべき疲労破損の法則について研究の結果、新しい提案を行った。

小野は、佐々木の指導のもとに、転がり軸受の性能に関する実験的研究を行い、種々の玉軸受、ころ軸受における起動摩擦、運転性能、内外輪の温度差を、荷重条件を種々変化して統括的に調査研究し、転がり軸受の設計、使用に対する重要な資料を与えた。以上の軸受に関する研究は、軸受研究部門が昭和31(1956)年に廃止された後も、それぞれ活発に継続され、その後の軸受研究の発展の基礎として重要視されている。

教授藤本武助は、昭和18(1943)年に併任教授に就任以来、昭和41(1966)年本学停年退官に至るまで、その間本研究所の変遷期であった数年間の所長の時期を含めて、本研究所所員として長期間にわたり、研究所の発展に尽力し重要な足跡を残した。藤本の第1期における研究活動は、航空および防空部門、ならびに物理工学部門において、流体力学実験室を中心として行われ、航空機、流体機械などの流れに関する基礎工学の実験研究が主なものであった。

藤本は、粘性流れ、特に境界層に関する実験的研究に関して、既に早くから国の内外に先駆けて重要な位置を占める業績をあげていたが、本研究所に就任後も同種の研究を続行し逐次重要な結果を得、それらは当時本邦において緊急事項であった航空機体の開発に寄与するところが大きであった。また、空気力学の研究者、高級技術者の養成に尽くした功績も少なくない。研究内容は、漸次乱流境界層、境界層剥離現象、熱伝達の解明に発展し、それらの研究結果は、流れの本質を確実に把握しつつ他面十分な実用性を持つために、タービンなど流体機械の開発設計に広く重用された。

また、翼列流れの実験が、昭和20(1945)年以降藤本によって開始された。当時海外諸邦においても、蒸気・ガスタービン・軸流圧縮機などは飛躍的發展の機運にあったが、流体実験室においては、その最も主要な要素の翼列流れに関し、藤本指導のもとに、工学部の諸研究者らにより行われ、実験研究、設計の方針をいち早く確立して学界、工業界を指導した。

教授長尾不二夫は、昭和23(1948)年に併任教授就任、同33年より同35年まで所長となり、その後は協議員として引き続き本研究所の発展に尽力した。また、長尾は、物理工学部門において内燃機関研究室を主宰し、幾多の特色ある研究業績をあげた。長尾は、機関シリンダ内の燃焼測定器として光電管式指圧計の開発など、早くから秀でた研究を行ってきたが、本研究所併任後も工学部の研究協力者とともに、微粉炭内燃機関、ガソリン噴射機関、焼玉機関、自由ピストンガスタービン、高速ディーゼル機関につき基礎的研究を続行した。ガソリン噴射機関については、着火、炎伝播、ノッキングに関して顕著な成果があげられた。自由ピストン圧縮機の研究から始まった一連の研究成果は、昭和25(1950)年に本邦最初のガスタービンを運転させるに至った。また、高速ディーゼル機関に関しては、その燃焼改善について多数の成果があげられたが、特に予燃焼室式についての性能改善に関する研究は画期的なもので、昭和32(1957)年、MTZ(Motortechnische Zeitschrift)に発表された論文により欧州各国に大きな反響を呼び起こした。その後、予燃焼室における炎伝播の高速撮影にも成功してその燃焼状態を初めて明らかにすることにより、気流による燃焼改善に関して多大の貢献をした。

教授西原利夫は、本研究所創設に関して力を尽くした1人であり、創設当初より併任教授に就任、昭和32(1957)年本学退官に至るまで、主として物理工学部門を担当し、金属材料の疲労に関する研究分野において幾多の業績をあげるとともに、その間多くの本研究所専任所員を育成した。また、昭和22(1947)年より同25年までの間は所長として研究所の発展に尽力した。西原の組み合わせ応力下の疲労に関する研究は、当時のわが国のこの方面の研究活動に対して指導的役割を果たした。

西原の研究協力者として活躍した専任所員および関連研究内容を述べれば次のようである。小林篤郎は昭和19(1944)年に助教授に就任、同24年に至るまで、疲労現象についての理論的解明に従事しこれをほぼ完成した。三木英雄は、助教授として昭和19年から同29年に至るまで、疲労に伴う物理的性質の変化、特に内部摩擦、磁氣的性質の諸変化に関して幾多の研究成果をあげた。郡利矩は、昭和27(1952)年から同29年までの間専任教授に就任し、粉体力学の完成に専念するとともに、その関連諸工業への応用に努めた。平修二は、昭和31(1956)年に専任教授に就任、工学部へ転出に至る約1年間、塗料による歪測定の研究に従事して測定用塗料を完成しその実用化に成功した。また、平および、昭和29(1954)年から同31年まで助教授に就任した田中吉之助は、クリープに関する研究を積極的に進め、高温材料工学分野において、現在わが国における指導的地位を占めるに至った基礎を培うのに貢献したところが大きい。中村寛は、講師を経て昭和31年より同32年までの間助教授に就任し、線材の引拔の力学、引拔線材の機械的性質などに関して研究成果をあげた。

教授榎木義一は、昭和32(1957)年併任教授に就任、主として自動制御分野の研究および指導を行い、一般非線形自動制御系の特にその統計的研究に関して、組織的研究を精力的行った。定常不規則入力あるいは外乱に対する系の応答特性、サンプル値制御系の特性、化学プロセスの計算機制御などについて多くの成果をあげ、また、最適予報制御系のシンセシスの方途を明らかにするなど、早くから統計的手法の導入に意を用いて、自動制御分野の重要な現代的研究方法を開拓し他方その方面の研究者の育成にも力を尽くすところが大きかった。

自動制御関係の研究は、昭和29年助教授、同32年教授に就任した澤村泰造によっても行われた。澤村は、油圧式サーボ機構について一連の研究を行い、マニプレータを試作するなどして、制御特性、周波数特性、案内弁の影響などに関し、理論、実験の両面から成果をあげ、PWM(パルス幅変調)方式を用いた電気油圧式サーボについても研究を行った。澤村は昭和34年に工



学部へ転出した。また、桑原道義は、昭和33年より約1年間助教授に就任して工学部へ転出したが、その間、サーボ機構のジャッキングモーション、相互干渉のある自動制御系、クーロン摩擦など非線形因子の影響などについて多くの基礎的研究を行った。

昭和21(1946)年、金澤一雄が半年の間、助教授に就任し、石灰、燐灰石、チタン鉄鉱、磁鉄鉱などの浮選法の研究および試験を行った。

### 第2項 第2期(昭和30～45年)における研究活動

沿革に述べたように、昭和30(1955)年頃より本研究所は原子核工学の分野を指向するようになり、研究用原子炉設置の計画が具体化されるにつれて、関係要員の強化と、原子炉設置のための諸委員会活動が活発に行われるようになった。それまで何らかの形で本研究所の関係教官であった諸委員会委員の氏名を列挙すれば次のようである。

研究用原子炉設置準備委員会委員として、岡田辰三、兒玉信次郎、林重憲、堀尾正雄、長尾不二夫、石原藤次郎、藤本武助。関西研究用原子炉建設委員会委員として、藤本武助、岩井重久、丹羽義次、堀尾正雄、横尾義貫、柴田俊一。研究用原子炉建設本部員として、藤本武助、横尾義貫、岩井重久、水科篤郎、西原宏、西朋太、丹羽義次、高松武一郎、岐美格、若林二郎、柴田俊一、岡本朴、筒井天尊、高橋幹二、桂山幸典、岩田志郎、東村武信、山本和夫、増田友也である。以上のうち、原子炉実験所所員予定者となっていた本研究所所属の教官は、山本、柴田、増田の3教授と、岡本、筒井、高橋、桂山、東村、岩田の6助教授であった。

以上述べた諸委員の仕事の大半は原子炉設置の建設業務に費やされて、純粋な研究活動はある程度の制約を受けたが、建設計画全体がわが国の原子力研究の大きな礎であったことを思えば、その先駆的な業績はまことに貴重なものであったというべきである。

一方において、各部門の整備は着々と進行し、工学部の関係教官との連携

も保ちながら、部門独自の研究の柱が確立されていった経過は第1節で述べたとおりであり、次に、本研究所各部門の研究活動について述べる。

### 1. 原子炉構造部門

原子炉構造部門は昭和31(1956)年に軸受研究部門から転換し、工学部教授藤本武助が同41(1966)年停年退官まで併任教授として担当した。その間、昭和33年に岐美格が助教授に、岡本朴が講師に就任、同34年には佐藤俊が教授に就任したが、佐藤は同年11月工学部へ転出した。昭和35(1960)年岡本は放射線応用工学部門助教授に就任した。昭和36年岐美の工学部教授への昇任転出、同38年岡本の原子炉実験所への転出があり、また同37年工学部教授西原宏が併任教授となった。昭和42(1967)年原子炉計測工学研究部門より助教授櫻井彰が本研究部門助教授に移り、同43年教授に昇任し、本研究部門を担当した。この時期において、炉物理、炉工学的観点より軽水炉、ガス炉にかかわる構造、および熱特性諸問題ならびに高速炉の設計および動特性についての研究が行われ、本研究部門の基礎研究体制が固められた。

藤本は、乱流境界層理論につき、先に重要な成果をあげてきたが、本研究部門において、乱流における熱の移動に関して、速度分布と温度分布の関係、種々の静圧勾配の影響を明らかにした。佐藤、岐美はガス冷却炉における燃料棒表面の温度ならびにガス圧力の流れ方向に沿う変化を明らかにした。また、水冷却炉にかかわる沸騰熱伝達およびバーンアウトに関する基礎的データを求めた。

岡本は、京都大学原子炉実験所に設置された研究用原子炉の設置計画に参加し、設置場所の選定、炉形式の決定、附属実験設備の計画などに関して具体的な資料、原案の作成に当たりその設置に重要な役割を果たした。

西原は、高速炉の臨界計算コードの開発ならびに、空間およびエネルギー依存動特性理論の新しい研究成果をあげた。

櫻井は、昭和36(1961)年以降軽水炉における反応度事故に関連し大気圧下で非定常熱入力に伴う過渡的非沸騰熱伝達、核沸騰熱伝達、臨界熱流束に関

する基礎的実験データを求めるとともに、ステップ熱入力に伴う、定常沸騰臨界熱流束を過渡的に超えてある寿命を持って存在する準定常核沸騰状態を見出し、その機構を定量的に明らかにした。これらの成果は、昭和45(1970)年第4回国際伝熱会議で公表し、軽水炉安全性評価に関する未開の分野であった非定常沸騰現象に対し、その後の研究発展の道筋を切り開いた。

## 2. 粒子線工学部門

粒子線工学部門は、昭和36(1961)年に電気工学部門から転換され、粒子線の工学的応用を開発することを目途としたものであり、重点的研究内容は、プラズマを利用した直接発電法、すなわち熱電子発電とMHD(Magnetohydrodynamics)発電の開発に関する研究、特に原子炉と連繋して利用し得るMHD発電方式諸条件の究明であった。旧電気工学部門に引き続き、専任教授として阪口忠雄、併任教授として工学部林重憲がこれを担当した。その後、昭和40(1965)年阪口の工学部転出に伴い、それまで原子炉計測工学研究部門の担当であった服部が本研究部門の担当となり、阪口は研究担当教授となった。

熱電子発電の研究は、阪口により早くから取り上げられたもので、昭和42(1967)年助教授に昇任した野口透(昭和46年工学部へ転出、現在摂南大学工学部教授)らとの研究により、セシウムプラズマ型の発電器につき、その負電流の解析、電極材料の性質改善などについて、着実な成果が積み上げられた。

MHD発電の研究は、原子炉との関連において意欲的な開発を期待される分野であるが、阪口は特に非平衡電離の問題を基礎的重要問題として取り上げ、野口らとともにその理論的ならびに実験的研究を遂行して低温度作動流体が有効に用いられるための基礎的諸条件の究明に力を注いだ。また、服部とともに、作動流体の局所的測定値を豊富に得るため装置の拡張充全を図り、昭和39(1964)年に電気入力100kWのアルゴンプラズマトーチおよび2.4テスラの電磁石からなるMHD発電実験装置設置に貢献した。教授林および服部は、電磁流体の基礎的動特性の究明に意を用いるとともに、早くから

交流 MHD 発電方式の開発にも関心を持ち、磁界変調形の方式につき詳細な理論的計算を行いその特性を明らかにした。

高温プラズマ測定の研究に関して、阪口は野口らとともに、主としてスペクトル線の強度化による温度の測定、スペクトル線の反転を利用した温度の測定法などを研究し、MHD 発電用作動流体プラズマその他各種高温プラズマの温度測定法について成果をあげた。

昭和41(1966)年、原子炉計測工学研究部門より助教授として本研究部門に昇任転任した岩住哲朗は、林とともに、従来の過渡熱伝達の研究および炉の最適制御に関する研究を続行し、特に炉制御の問題に関連して、ダイナミックプログラミング法など現代的手法の応用開発について成果をあげた。

なお、林は、昭和36(1961)年、本研究所内に核融合実験施設を設置して、学内諸部局にまたがる研究組織をもってその実験を開始し、幾多の困難にainaながらも数多くの基礎的成果を収めた。その後名古屋大学プラズマ研究所と京大との共同研究として、トーラス型高温プラズマ発生装置であるヘリオトロン C が設置され実験が引き続き行われた。

### 3. 原子炉計測工学部門

原子炉計測工学部門は昭和33(1958)年に新設され、当初は林重憲、榎木義一両工学部教授が併任であった(林は昭和42年、榎木は同50年まで)。専任教授としては昭和38(1963)年より同40年まで服部嘉雄、同40年以降は若林二郎が担当した。この間本研究部門では、主として原子炉ならびにその附属施設の動特性、制御および安全性に関する理論、実験双方にまたがるシステム工学的研究を行ってきた。研究設備としては、昭和33年部門創設時にアナログ計算機が設置され、同36年および同39年の2度にわたり拡充したが、同43(1968)年にはデジタル計算機 FACOM 270-20を導入し、その後アナログ・デジタル双方の計算機を接続してハイブリッド原子炉シミュレーターへ発展していった。

当初のアナログ計算機の原子炉動特性解析への適用研究は、林、若林、櫻

井彰、吉田芳正、岩住哲朗によって進められた。昭和36(1961)年頃まで、林、若林、櫻井、岩住らは原子炉出力脱走時の熱過渡現象の解明に関する研究を行ったが、米国軽水減速非均質原子炉 SPERT-1 および BORAX-I、IIでの出力脱走実験の理論解析、米国高速実験炉 EBR-I での動特性実験の反応度フィードバック機構の理論解析では世界的にも先駆的な研究成果をあげた。以上の原子炉過渡熱伝達に関する理論的研究は、林、櫻井、岩住らを中心として水原子炉の核沸騰熱伝達の物理機構の解明を目的とする実験研究へ発展させられたが、昭和43(1968)年櫻井の原子炉構造研究部門への転出により、熱伝達に関する実験研究は同研究部門に移された。

一方、昭和36(1961)年頃以降は原子炉の発電炉としての実用化に向けて、大型原子炉の中性子束分布の時間・空間・エネルギー依存性の精緻な解析技術の向上が重要課題となってきた。林、若林、星野力は昭和37年頃から原子炉の空間・エネルギー依存動特性の理論解析法の研究を行い、原子炉伝達関数および中性子熱化現象の解析法として少数極展開法を提案し、また日本原子力研究所の平均質臨界集合体を用いて空間依存伝達関数の測定実験を行い、少数極展開法を用いて実験結果を精密に解析した。この理論・実験双方にわたる研究は当時この分野での画期的成果と評価された。また、昭和42(1967)年頃から若林、中村邦彦は高速炉の核的安全設計で問題となる超ウラン元素のドップラー係数と再臨界事故時の放出エネルギー量との算出に関する理論モデルの研究を行い、さらに若林、吉川榮和は軽水炉型動力炉や高速増殖炉の事故解析を対象に、原子炉空間依存非線形事故解析プログラムの開発やハイブリッドシミュレーション方式の研究を行った。これらの研究は、その後現在に至るまで原子炉安全性研究で世界的に重要課題とされている、原子力プラントの事故解析のシステムシミュレーションの研究の先鞭を切るものであった。

なお、本部門設立当初から併任教授の樫木らは、原子炉の自動制御系と最適制御方式について、特に非線形制御方式の原子炉系への適用における問題の検討を進めた。また、当初服部らが進めていた MHD 発電に関する研究

は、昭和40(1965)年服部の粒子線工学研究部門教授への昇任に伴い、同研究部門に移された。

### 4. 原子燃料部門

原子燃料部門は原子炉燃料物質の原子核物理および物理化学的諸性質、使用済燃料の再処理に関する基礎的研究を目的として、昭和32(1957)年に新設され、西朋太が教授に就任した。新設当初より昭和33年まで工学部教授岡田辰三が、引き続き工学部教授吉澤四郎が併任として研究に参加した。また、昭和33年鈎三郎が助教授となったが、鈎は同34年放射線応用工学部門担当教授として転出、その後昭和36(1961)年に端野朝康、同40年藤原一郎が助教授に就任した。

原子核反応に関する研究は西および藤原によって、ランタノイド、アクチノイドなどの重核を原子炉またはサイクロトロンで照射し、化学的手法を併用することにより、核反応の励起関数および放射性核種の壊変様式などについて行われた。後に中原弘道と今西信嗣が加わり、核分裂および原子核構造の研究も進められた。原子炉燃料物質の精製に関して西および藤原は、アクチノイド元素とランタノイド元素のイオン交換分離や溶媒抽出に際しての錯塩生成の機構を赤外分光スペクトルおよび核磁気共鳴吸収スペクトルの測定から明らかにするとともに、新しい錯化剤および分離法を開発した。ウランおよびトリウムの溶媒抽出の研究は西および浅野満により始められ、抽出物の構造を赤外分光スペクトル、核磁気共鳴スペクトルなどにより考察し、溶媒抽出の機構を解明するとともに熱力学的諸定数の測定を行い、さらに抽出速度を明らかにした。また、化学分析を目的とした水溶液ポーラログラフィの研究が表面活性剤の挙動を中心にして進められた。さらに、溶融塩を用いる精錬、再処理の研究は端野によって始められた。西および一瀬光之尉はこの研究を引き継ぎ、電極反応速度を研究するため溶融塩ポーラログラフィの技術を開発し、ボルタメトリの技術による測定と解析がなされた。特に濃度過電圧について電解条件の理論的、実験的考察を行い、微量迅速定性定量法

を確立した。

端野は固体燃料材料の不均一反応論的研究に取り組み、電子顕微鏡による表面状態の観測、電子線回折、X線回折による表面結晶構造の考察から反応モデルを推定し、絶対反応速度論に基礎を置く速度式を導いた。また端野は電極-溶液界面を理論的に取り扱い、新たな電気二重層モデルを提唱し、このモデルに基づいて不均一電子移行反応の絶対反応速度論的記述に成功した。

高温化学処理に関する研究は吉澤らが担当し、チタンおよびケイ素について不均化反応、還元反応の研究が行われた。また、溶融塩電解法を用いてウラン、トリウムの弗素化剤として四弗化硫黄の合成を行った。

同位元素の分析を目的とした質量分析計に関する研究が西および鈎によって行われ、装置の組み立て改良が進められたが、鈎の放射線応用工学部門への転出によりこの研究は同部門へ引き継がれた。

## 5. 原子炉材料部門

昭和33(1958)年材料工学部門は、原子炉に使用する燃料以外の材料、主として金属材料の物性、放射線照射による格子欠陥、ならびに各種放射線との相互作用について研究する原子炉材料部門に転換され、工学部教授高村仁一が併任として担当し、その後昭和36年森本武が助教授に就任した。昭和43(1968)年に森本は教授に昇任し平成6(1994)年まで同研究部門を担当した。

格子欠陥に関する研究として、金、アルミニウムなどの純金属およびその固溶体合金の原子空孔の形成エネルギー、移動エネルギー、不純物原子との結合エネルギーなどが、高村らによって、高温からの急冷の際に試料内に凍結される原子空孔による残留磁気抵抗の回復過程の精密測定から求められた。これらの活性化エネルギーを評価する際に、測定に用いた試料のサイズ効果が現れることが明らかにされた。また、塑性変形の過程において現れる原子空孔および格子間原子などの点欠陥に関して、極低温における点欠陥と転位との相互作用についての研究も進められた。運動する転位と不純物原子

## 第18章 原子エネルギー研究所

との相互作用の理論は高村、森本により進められ、運動する転位に働く抵抗力の1つの機構を示し、固溶体合金の降伏応力の解釈に新しい視野を開いた。

さらに、格子欠陥に関連して、原子炉材料用のジルコニウムの耐蝕性の基礎研究が高村により、半導体内の点欠陥による伝導電子の散乱、原子と原子の衝突を扱った放射線損傷の素過程の理論研究などが森本により進められた。

半金属の物性、特にビスマス合金の電流磁気効果の磁場依存性とエネルギー帯構造の解析、電流磁気効果の3バンドモデルの理論などが森本により研究されたが、昭和41(1966)年には半金属ビスマスにおける負性抵抗と不安定性の発見(森本、吉田起國)がなされ、固体プラズマの物性、サイクロトロン共鳴の研究など新しい分野への発展がなされた。

また、昭和41年から本研究所のプロジェクト研究「超高温用原子炉材料に関する研究」に関連した特殊設備として電子ビーム浮遊帯域精製装置、サイクロトロン共鳴実験装置などが設置され、ニオブ、タンタル、タングステンなどの高融点金属材料の溶解、精製が可能となり、サイクロトロン共鳴によるフェルミ面の直接的研究も可能となり、高融点金属材料の物性の研究および金属内電子のダイナミックスの研究に大きな飛躍をもたらすことになった。

岡崎謙二(現：米国ケンタッキー大学材料工学科教授)は、昭和42(1967)年から同43年まで講師として在任し、高村とともに金中の原子空孔の形成の活性化エネルギーの研究を行った。その後九州工業大学に転出した。

## 6. 原子核化学工学部門

昭和31(1956)年、化学工学部門は、原子炉材料の製造および原子炉の運転に際しての諸化学工学的操作、例えば、抽出、蒸留、濃縮、精製などの物質移動操作についての化学工学的研究を行う原子核化学工学部門に改められた。岡田辰三、吉田文武両工学部教授が本研究所教授を併任し、西朋太、高



松武一郎両助教授、講師鉤三郎が研究に当たった。昭和32年吉田の後任として工学部教授水科篤郎が併任教授となり、同年西は新設の原子燃料部門担当教授に、翌33年鉤は原子燃料部門助教授にそれぞれ昇任した。昭和33年岡田が停年退官の後、高松が同34年教授に昇任し、同35年三石信雄が助教授に就任した。その後、高松の工学部への転出、昭和39(1964)年三石の九州大学転任の後を受けて、同年江口彌が助教授に就任し、同40年教授に昇任した。その後昭和42(1967)年原田誠が助教授に就任した。

本部門における初期の研究業績のうち注目されるのは、重水製法の研究である。部門転換に先立ち昭和28(1953)年亀井、岡田、西は重水製法の研究を計画着手した。昭和29年高松の助教授就任後はその協力を得て、多孔板塔、多孔板充填塔、遠心式精留塔からなる高性能精留装置を特別設備として設置し、蒸留法による重水製法研究が開始され、同38(1963)年まで継続された。その間、重水製法と同時に、精留装置の動特性と制御に関する多くの理論実験研究が展開され、さらにスクエアカスケード理論の研究へと発展し、その成果は重水回収蒸留プラントの最適操作条件として第3回原子力平和利用国際会議に報告された。さらに、昭和32年には、2重温度交換反応による同位体分離の研究が、岡田、西、高松により着手され、この研究には水科も協力し、水科、高松の研究は同34年毎日学術奨励金の交付を受けた。これら一連の重水濃縮研究において、鉤は重水濃度測定用質量分析計を試作して協力した。

昭和34(1959)年放射性廃液蒸発処理の研究が高松らにより始められ、これが三石に引き継がれ、放射性微粒子飛沫の捕集分離塔として段塔が優れた性能を持つことが実証された。

原子炉冷却材としての液体金属の熱伝達に関する研究は、水科らにより行われ、液体金属と固体壁間に存在する接触抵抗、液体金属に混入する気泡の影響、乱流拡散係数に関する従来理論の欠陥などが明らかとされた。また、均質型原子炉におけるスラリーの流動と熱伝達の基礎となる非ニュートン流体に関する実験的理論的研究が水科、三石らによって実施され、原子炉およ

び熱交換器設計の際の基礎資料が得られた。

核燃料再処理工程に多用される液液接触装置の性能向上を目的とした新形式の高性能液液接触装置の開発研究、ならびに重金属、稀土類元素および同位元素の分離精製を目的とした連続向流分別分離塔の研究が、昭和39(1964)年江口らによって行われた。引き続き、液液系物質移動と化学反応に関する研究が、原田、江口らによって昭和40(1965)年から開始された。この研究では、原子燃料精錬、核燃料再処理、稀少金属の分離精製に多用される溶媒抽出系の合理的操作設計法確立の観点から、液液系界面現象や化学反応を伴う物質移動過程が明らかとされた。

放射線の化学反応への利用の観点から、その基礎となる異相系重合反応の機構、操作に関する研究が原田により昭和40年頃から行われ、この成果は操作論的観点から重合物製品の性状の予測を行った先駆的研究であるとして、内外から注目を集めた。

江口は、昭和41(1966)年に、原子力施設周辺環境放射能低減化の一課題であった放射性ヨウ素の吸収除去に関する基礎研究に着手した。この研究は昭和43(1968)年以降は研究所が大型共同研究課題に取り上げた「原子エネルギー利用における安全性に関する研究」の一翼を担い、同44年度特別設備費によって設置された研究設備により、気相中に微量存在するヨウ素の水、アルカリ水溶液による吸収の機構に関する系統的研究が開始された。

### 7. 放射線応用工学部門

昭和34(1959)年物理工学部門は、各種放射線、放射性および安定同位体の諸工業への応用に関する基礎研究と関連機器の開発を目的とする本部門に転換され、その後、超高温材料の開発とそれら材質の放射線特性の基礎研究を研究内容に加えた。昭和34年原子燃料部門助教授であった鉤三郎は部門の転換に伴い本部門助教授に就任、同35年教授に昇任した。昭和37(1962)年石川忠夫が講師に就任、同39年助教授に昇任し、さらに同41(1966)年浅野満が助教授となり、同42年石川は米子工業高等専門学校へ転出した。

質量分析に関する研究については、原子核化学工学および原子燃料両部門の項でも述べたように、鈎によって行われ、重水濃度測定用質量分析計を試作して、本研究所における重水製造の研究に大いに貢献した。このほかに従来の常識を破る可搬型の常圧気体直接導入型の質量分析計を開発して、工業への応用を意図するとともに、固体イオン源に関する多くの研究を発表した。また、鈎は原子エネルギー開発に必要な同位体比測定の精度向上を種々の面から検討し、浅野と協力して、質量分析計を用いて高温における遷移金属化合物の蒸発挙動の研究を進めた。さらに、高温金属表面より蒸発する金属蒸気の電子衝撃イオンと表面電離イオンを識別して同時に測定できる技法を開発し、表面電離イオンの熱化学的性質に関する研究を発展させた。

また、放射線損傷その他の理由で格子欠陥の1つである転位をもった金属の転位の種類およびその位置を、電気化学的手法により調べる研究が鈎と原田敏夫によって行われ、転位をマクロなサイズで観察可能とする種々のエッチング液を開発して、転位に関する研究分野で大きな貢献をした。

黒鉛材料に関して石川は雲母類が黒鉛類似の六角網目層格子構造を持つことに着想を得て、雲母を触媒に用いる高品位黒鉛製造法を発明した。この黒鉛製造法は、2,500℃以上もの超高温を要するために多くの困難を抱えていた従来法による黒鉛化温度を、摂氏数百度も低減させるものであり、後に、この研究は水谷保男に引き継がれた。また、石川は水銀法食塩電解用人造黒鉛陽極の品質短期試験法を創案した。本試験法は電極板短期試験法規格に採用され、日本ソーダ工業界へ大いに寄与した。

さらに、本研究所の超高温原子炉材料に関するプロジェクト研究の一環として、パイロリティックグラファイトならびに高融点金属－パイロリティックグラファイト系の新しいタイプの耐熱材料の開発研究が鈎、石川により進められた。また、鈎と浅野は黒鉛の高温における空気酸化を抑制するためには、金属リン酸塩の添加が有効であることを示し、特に3価の金属リン酸塩が酸化抑制効果の大きいことを見出した。

## 8. 原子炉保安工学部門

昭和34(1959)年、構造工学部門は原子炉保安工学部門に転換され、原子力開発に伴う安全上の諸問題について、構造工学的および衛生工学的分野からの研究を行うこととなった。丹羽義次は部門転換後も引き続き昭和38(1963)年まで本部門を担当し、工学部教授岩井重久も本研究所教授に併任された。部門転換前より森忠次が助教授の職にあり、昭和35年高橋幹二が講師となり、同36年筒井天尊が助教授に就任、同37年に森、同38年に筒井がそれぞれ工学部および原子炉実験所に転じたが、同37年より高橋が助教授に昇任し、ほかに、石原藤次郎、平松良雄、小西一郎、前田敏男の各工学部教授が研究担当教授となった。

原子炉保安工学という名称は、科学技術の一分野としては必ずしも一般的なものではなかったが、本部門で意図されたのは、原子力開発に関連する構造物の安全性・廃棄物の処理処分・放射能の環境影響など、今日でも原子力安全対策上極めて重要な課題を研究対象とすることであった。

原子炉遮蔽コンクリートの熱応力の研究、原子炉構造物への衝撃荷重に関する研究は、丹羽、森の本研究所在任中に行われた主要研究であり、各種遮蔽コンクリートの熱疲労、熱的遮蔽などの研究はその後高橋らによって引き継がれた。

放射性廃棄物の処理、処分に関しては、岩井らは多くの研究成果を発表しているが、筒井らと行った放射性廃液の蒸発濃縮処理に関する実験研究もその1つである。さらに、岩井らはイオン交換樹脂の各種放射性廃棄物処理への適用について、また、石原らは放射性廃水の地下浸透の水理学的機構の解明、浸透層の廃水に対するろ過効果などの研究を行った。

原子炉事故時の周辺環境の安全評価、特に原子炉施設周辺の排除区域の設定、ならびに原子炉事故に対する工学的安全防護施設に関連して、主として格納構造物の機能に関する研究が行われた。また、その特殊問題としての原子炉地下設置に関して、事故時の地下空洞内圧力、温度の経時変化、核分裂

生成物の周辺への漏れ、ならびにその抑制手段などが、丹羽、高橋らにより、また放出される核分裂生成物、特に放射性沃素ガスの発生機構と空気中における挙動、その除去法については岩井、高橋らによって研究が行われた。さらに原子炉施設の地下格納に際しての地下空洞の安全保持についての基礎研究が平松により行われた。

昭和43(1968)年高橋の教授昇任後、同44年楠城力が助教授に就任し、原子炉地下設置の安全性すなわち地下空洞の核分裂生成物に対する格納効果に対する基礎実験と計算コードの開発が行われた。

表18-1 研究担当教授名と一般研究名

役 職	氏 名	一 般 研 究 名
教 授	浮田 勇	溶接アーク安定に関する研究 抵抗溶接の信頼性向上の研究
教 授	村上陽太郎	高力チタン合金の基礎研究
教 授	森田 志郎	鉄・炭素系合金の黒鉛化現象 過共晶アルミ合金の研究
教 授	河本 実	プログラム荷重による疲労の研究 塑性疲労に関する研究
教 授	平松 良雄	トンネル支保工に関する研究
教 授	盛 利貞	真空溶炉ガス分析法の研究 鋼のオーステナイト結晶粒度
教 授	平 修二	多軸応力下のクリープおよび破裂 X線による変動応力下のクリープ
教 授	会田 俊夫	動力伝達用歯車の曲げ疲れ強さ
教 授	長尾不二夫	ディーゼル機関の混合気形成燃焼 内燃機関用可変揚程吸排気弁
教 授	高松武一郎	攪拌槽の流体混合モデルの研究
教 授	小西 一郎	大型構造物の現場溶接継手
教 授	前田 敏男	室内の熱対流に関する研究 建築材料の音響透過に関する研究
教 授	石原藤次郎	開水路流れにおける拡散現象

## 第18章 原子エネルギー研究所

一方、原子炉事故時における放射線障害解析に当たって最も重要な事項である放射性物質の空気汚染に関連して、エアロゾルに関する基礎的諸問題、特に光散乱法による多分散エアロゾル粒子の粒度・濃度の測定法、エアロゾル粒子の荷電、粒度分布変化あるいは格納容器内のエアロゾル挙動などに関する研究が高橋らによって開始された。

各部門における研究活動として述べたもののほかに、その研究目標の遂行を援助し、より豊かな着想と経験を加味するために、本研究所では層の厚い研究者を研究担当教授に委嘱していたが、それらの研究担当教授により当時行われた研究は、各部門研究活動のうちに記したもののほか表18-1のような一般研究があげられる。

### 第3項 第3期(昭和46年以降)における研究活動

原子エネルギー研究所に改組の後、各種の実験設備や研究環境の整備が進み、各研究部門あるいは部門間にまたがる研究活動が活発となった。すなわち、昭和46(1971)年度「マグネトプラズマに関する研究」(原子炉材料研究部門)、昭和48年度「高温液体ナトリウムにおける過渡沸騰現象の研究」(原子炉構造研究部門)、昭和49・50年度「核燃料、炉材料の蒸発に関する研究」と「表面電離の基礎ならびに応用に関する研究」(放射線応用工学研究部門)、昭和51(1976)年度「原子力システムの動特性制御の研究」(原子炉計測工学研究部門)、昭和52年度「超ウラン元素の研究」(原子燃料研究部門)、昭和54年度「金属材料の水素脆化に関する研究」(原子炉事故解析研究部門)、昭和55・56年度「高温液体ナトリウムにおける沸騰現象の研究」(原子炉構造研究部門)、昭和57年度「分散粒子の物性と挙動に関する研究」(原子炉保安工学研究部門)、昭和58年度「液体金属方式排気に関する研究」(粒子線工学研究部門)、昭和61・62年度「不揮発性核種固体化の安全性評価および核種分離系の設計に関する研究」(原子核化学工学研究部門)および「揮発性核種の物理化学的

挙動および固定化に関する研究」(原子燃料研究部門)についての特別設備が設置され、また、昭和49～51年度の3年間には、原子炉構造、原子炉計測工学、原子核化学工学、原子炉保安工学の4研究部門による「原子エネルギー利用における安全性に関する研究」が大型共同研究経費によって行われたが、これらの研究を通じて、関連分野で多くの基礎的、萌芽的研究が生み出された。

次に各研究部門の研究活動について述べる。

### 1. 原子炉構造研究部門

昭和46(1971)年度原子エネルギー研究所として再出発以後、本研究部門の研究目標は、軽水炉・高速炉の設計と、その重大事故時の安全解析の基礎となる水および液体金属ナトリウムにおける自然対流、強制対流ならびに二相流状態における定常・非定常熱流体力学に関する学術的基礎を確立することとした。また、後半においては学問的分野を共通とする核融合炉ならびに電気エネルギー貯蔵装置に必要とする大型超伝導マグネットの安定性、安全性にかかわる超流動状態を含む液体ヘリウム、液体窒素など極低温液体における定常・非定常熱流体力学に関する学術的基礎の確立を目標に加えた。当部門は、昭和43(1968)年以来、教授櫻井彰が平成2(1990)年停年退官するまで担当し、水上紘一助手(在任昭和41～47年、現：愛媛大学工学部教授)、塩津正博(技官<在任昭和42～43年>、助手<在任昭和43～54年>、助教授<在任昭和54年～>)、中村成男技官(在任昭和43～46年)、関(水上)貴和子技官(在任昭和45～46年)、岡田初枝(技官<在任昭和46～49年>、助手<在任昭和49～50年>)、芹澤昭示助手(在任昭和47～56年、現：京都大学工学部教授)、畑幸一(技官<在任昭和49～55年>、助手<在任昭和55年～>)、片岡勲(助手<在任昭和50～平成4年>、講師<在任平成4～6年>、現：京都大学工学部助教授)、塩井章久助手(在任昭和56～58年)、竹内右人助手(在任昭和60年～)、濱勝彦技官(在任昭和62年～)などの研究スタッフによって、上記の広範囲な研究分野の学術的基礎が順次確立され今日に及んでいる。

この研究のため、高圧下の水、その他通常液体に用いられる自然対流ならびに強制対流熱伝達実験装置、高温液体金属ナトリウム自然対流ならびに強制対流熱伝達実験装置、液体ヘリウム(超流動状態を含む)熱伝達実験装置、液体窒素熱伝達実験装置など、現在も国際的に第一級の性能を持つ実験装置が文部



写真18-7 高温液体金属ナトリウム自然対流ならびに強制対流熱伝達実験装置

省特別設備費、科学研究費および東レ研究助成金などで設置されており、それらを用いた研究が続けられている。

従来の関連する分野の基礎知識を発展させた研究成果は国際的に著名な関連する学会誌、ならびに国際会議議事録などに約110編の論文として公表している。その主な成果概要は次のとおりである。

①非定常熱入力に伴う自然対流ならびに強制対流下の過渡沸騰と、膜沸騰への遷移機構の解明、②一定熱流束状態から、系圧力急減に伴う過渡沸騰経過と膜沸騰への遷移機構の解明、③理論モデルに基礎を置いた一般的プール膜沸騰熱伝達表示式ならびにその極小温度表示式の導出、④理論モデルに基礎を置いた一般的強制対流膜沸騰熱伝達表示式の導出、⑤理論モデルに基礎を置いた一般的自然対流表示式の導出、⑥一般的初期沸騰開始機構の解明、⑦高温液体金属ナトリウムにおける対流熱伝達、沸騰熱伝達および臨界熱流束に関する実験的解明と、その理論モデルの導出、⑧理論モデルに基礎を置き低流速域に適用し得る液体金属における一般的強制対流熱伝達表示式の導出、⑨液体窒素ならびに液体ヘリウムにおける定常沸騰機構と非定常熱入力に伴う過渡沸騰ならびにその膜沸騰遷移機構の解明、⑩超流動ヘリウムにおける飽和ならびにサブクール状態の定常および非定常熱入力に伴うカピツア・コンダクタンス域の熱伝達ならびに膜沸騰遷移機構の解明、⑪超流動ヘ



リウム膜沸騰熱伝達の表示式の導出、⑫気液二相流の質量、運動量、エネルギーについての保存方程式の定式化、⑬乱流の基礎式の定式化、⑭気液界面積濃度(単位体積当たりの気液界面積)の正確かつ簡便な測定法の開発、⑮気液界面積濃度の系統的測定と相関式の開発、⑯気液界面での乱流の輸送に関し、気泡、液滴の乱流拡散係数、液相の乱流運動量拡散係数の実験的解明と界面乱流輸送現象のモデル化。

アメリカ機械学会誌(J. Heat Transfer)に公表した上記理論モデルに基礎を置いた一般的プール膜沸騰熱伝達表示式に関する論文に対し、アメリカ機械学会1990年熱流体力学部門の最優秀論文賞ならびに同学会における機械工学に関する最も独創的論文1編に対し毎年与えられるメルビル・メダルが、日本人として初めて著者である櫻井彰、塩津正博、畑幸一に与えられた。

## 2. 粒子線工学研究部門

原子エネルギー研究所に改組後も原子炉に関するシステム理論や最適制御、および非平衡電離MHD発電の研究が続行された。その後、核融合を対象とした粒子線の新しい工学的応用分野に研究が移行し、核融合における直接エネルギー変換や、粒子ビームによる核融合プラズマ制御、自由電子レーザー発振などの理論的・実験的研究へと発展しつつある。

教授服部嘉雄が昭和61(1986)年死去の後、同62(1987)年ヘリオトロン核融合研究センター教授飯吉厚夫が併任教授となり、その後しばらく空席のあと平成4(1992)年本研究部門助教授吉川潔が昇任、担当教授となった。システム理論の研究は服部らにより精力的に行われ、大規模システムを対象とした統計的モデルの構築や、信頼性に関する新しい手法を導入した研究で着実な成果が積み上げられた。原子炉の最適制御研究に関して、助教授岩住哲朗(昭和49年名古屋工業大学工学部教授へ昇任転出)らは感度を考慮した系、bilinear(双線形)系、あるいは分布定数系など様々なモデルに対しての最適制御を求める道を切り開いた。昭和47(1972)年助手に就任した古賀隆治(昭和51年岡山大学工学部講師へ昇任転出、現在同教授)は服部、岩住とともに原子

## 第18章 原子エネルギー研究所

炉の分布定数的、統計的制御に関する研究を、また昭和50(1975)年助手に就任した小亀英己(昭和54年大阪工業大学へ転出、現在同教授)は服部、岩住とともに原子炉の状態推定やシステム理論の導入に関する研究を行い、いずれも新しい数学的手法の導入などで新規の学術領域の開拓に貢献した。



写真18-8 プラズマエネルギー直接変換  
実験装置

非平衡電離 MHD 発電の研究では、服部、教務技官督壽之、同田中大二郎(昭和56年新居浜工業高等専門学校へ転出、現在同教授)および昭和47(1972)年助手に就任した吉川潔(同51年助教授昇任)、同51年助手に就任の石川本雄(昭和57年工学部へ転出、現在同助教授)により広範囲にわたる重要課題研究が強力に行われ、特に電離不安定性現象、その抑制・制御法、非線形電流分布解析、抵抗性電極による電流分布非一様性改善、不純物影響、動特性、ダイアゴナル型発電特性、さらには反転法によるアルカリシード率測定法などの理論的、実験的研究で多くの成果が収められた。

これらの成果は、近年吉川らによる“in-situ”MHD 発電を行う先進核融合炉設計研究で重要な貢献を行っている。昭和55(1980)年から4年間の科学研究費補助金により、吉川は服部、督とともに核融合を対象とする直接発電の研究を始め、同57(1982)年助手就任の山本靖を加え、同58年完成のプラズマエネルギー直接変換実験棟内で行った逆電界を利用したビーム直接発電実験で、従来の値を超え最大理論効率に一致する最高変換効率の達成に成功した。並行して吉川、山本は、空間電荷効果の顕著な高速の2、3次元ビーム輸送コードを開発し、さらに近年電磁波との非線形相互作用の強いビーム輸送コードの開発に力を注いでいる。また、昭和58年助手に就任の神保光一は負イオンの生成に関し発生機構の究明に意を注いでいる。昭和63(1988)年原

原子炉計測工学研究部門より助教授として本研究部門に昇任した大西正視は、 $D-^3He$  燃料逆転磁場配位核融合炉などのプラズマ制御で多くの理論的成果をあげ、現在、山本、吉川と静電慣性閉じ込め核融合の機構解明に努力を注いでいる。さらに、吉川は大西、山本、督とシンクロトン輻射エネルギーを利用する先進的核融合炉設計や液体リチウムによる新排気方式の研究を行い、また新日本製鉄との共同研究では、漏洩プラズマ模擬用に開発国有特許を得たホールアクセラレータを応用して鉄系基板上へのダイヤモンド状炭素膜の成膜にも成功している。

さらに近年、吉川、大西、山本は自由電子レーザー発振高効率化の理論解析を電子技術総合研究所と、また大出力高周波電子ビーム管の高効率化を目指した未利用ビームエネルギーの直接回収研究を動力炉・核燃料開発事業団と共同で行っている。

### 3. 原子炉計測工学研究部門

原子炉計測工学研究部門教授は昭和46(1971)年以降も若林二郎が平成4(1992)年停年退官まで担当した。助教授星野力は昭和55(1980)年筑波大学教授に昇任し転出した。助手吉川榮和は昭和49年に動力炉・核燃料開発事業団に転出したが昭和56(1981)年に助教授として復帰、平成4(1992)年に若林の後任として教授に昇任した。平成5年には工学部より手塚哲央が講師に着任した。この間助手として、山口勝久(在任昭和48～54年)、大西正視(在任昭和49～63年)、田嶋真一(在任昭和55～59年)が在職し、現在助手は五福明夫(在任昭和59年～)、高橋信(在任平成4年～)である。

昭和46(1971)年以降は、原子力発電実用化の進展時期で、当初の数々のトラブル経験から技術の安定化・成熟化の一方、昭和54(1979)年の米国 TMI 事故および同61(1986)年の旧ソ連チェルノブィリ事故後は世界的な原発への不安と反原発運動が高まった。若林は、原子力発電の当初続発した原発トラブルの対策として原子炉異常診断に着目し、昭和46年頃から星野、吉川の協力で計算機による異常診断システムの研究を開始した。若林はその後田嶋、

五福らとハイブリッド原子炉シミュレーターにより BWR(沸騰水型原子炉)、PWR(加圧水型原子炉)のプラントシミュレーターを作成して、プラント異常診断システムのアルゴリズム研究を昭和63(1988)年頃まで行った。またソフトウェア研究と別個に、昭和48(1973)年から若林、山口は水沸騰ループ実験装置を作成し、これを用いて温度、圧力、音響などのプロセス信号の雑音解析による異常診断の実験研究を昭和54(1979)年まで行った。また、若林は昭和54年の TMI 事故に触発され、事故発生プラントの内部状況を即刻正確に分析できる緊急時対応支援システムの必要性を痛感し、吉川、五福とともに、超実時間事故追跡シミュレーターやカルマンフィルタによるプラント事故パラメーターのオンライン推定手法の研究を行った。若林の提起した異常診断システムや緊急時対応支援システムは、通産省プロジェクトによりそれぞれ実規模の実用システムが開発された。なお、若林は多年の原子力安全技術の策定、安全審査などへの功績に対し、平成 4 (1992)年10月に科学技術庁長官賞(原子力安全功労者)を受賞した。

核融合炉の研究では、若林と大西は昭和49年から核融合プラズマの熱的不安定性の理論解析を端緒に、開放端型核融合炉の概念設計や粒子シミュレーションなど  $D-^3He$  反応による次世代核融合炉方式を研究したが、昭和63(1988)年大西の粒子線工学研究部門助教授昇任により、この研究は同研究部門に移された。一方、星野は原子炉最適運転計画の研究で3次元燃焼計算の経験から、従来の計算機では時間がかかりすぎるのを切実に痛感、自ら新方式の超高速コンピューターの開発を決意し、昭和52(1977)年からブロードキャスト方式の並列計算機 PAX の試作研究を行った。筑波大学に転出後、星野はこの超並列マシンの実用化に成功している。一方、吉川は星野転出時に構想段階にあった共有メモリ方式の並列計算機 CX-1 を試作開発するとともに、大規模科学計算の演算速度向上とは別個のソフトウェアボトルネック問題として大規模プログラム開発の生産性向上を目的に、昭和60~63年の間、知識工学を適用してモジュール統合型シミュレーションシステムを開発し、さらにこれに CX-1 を組み込んで直列・並列計算方式を知識処理

が統合する新ハイブリッドシミュレーションを研究した。さらに五福は事例ベース推論など知識処理を統合したグラフィカルユーザインタフェースへとシミュレーションの高度化研究を発展させている。

昭和61(1986)年のチェルノブイリ事故は、原子力システム安全における人的エラー問題に脚光を当てるものであったが、吉川は昭和62年より人的要因に着目し、マンマシンインタフェースにおける認知行動特性に関する実験研究を開始した。これは認知心理実験に眼の動きや脳波、心電図などの生理指標計測を導入する新しい手法として、吉川らは平成4

(1992)年5月、システム制御情報学会・榎本記念論文賞を受賞した。吉川は現在、技術と人間・社会との調和を図るヒューマンインタフェース研究へと目標を発展させ、平成4年から高橋の協力で適応インタフェースの研究、平成5年から手塚の協力でトレイグジスタンスの研究へと展開している。また、手塚は今後多様化・分散化する趨勢にある電源システムの運用と需要家の消費性向との間を自律分散協調により経済性向上を図るエネルギーシステム研究を立ち上げている。



写真18-9 生理指標計測を用いた認知心理実験の風景

### 4. 原子燃料研究部門

原子燃料研究部門は第2期に引き続き、教授西朋太が研究部門を担当し、昭和46(1971)年当時の構成員は、助教授端野朝康、助教授藤原一郎、助手石橋道弘、助手中原弘道、および助手今西信嗣であった。さらに、工学部教授吉澤四郎が引き続き併任として研究に参加した。同46年、中原は新潟大学助教授(現：東京都立大学理学部教授)へ転出した。端野は昭和49年原子炉事故解析研究部門担当教授として転出した。昭和51(1976)年には今西が助教授に昇

任した。西は昭和56(1981)年停年退官し、後任として同57年岩崎又衛が教授に着任した。昭和61(1986)年藤原が追手門学院大学経済学部教授へ、同62年今西が工学部(現：同教授)へ転出し、同61年作花哲夫が助手に、平成元(1989)年尾形幸生が助教授に就任した。平成4(1992)年石橋が、同5年には岩崎が停年退官した。

超ウラン元素の研究は西、藤原、中原、および今西により、アクチノイド核種の原子炉あるいは加速器による生成とその相互分離、さらにそれらの核種の諸性質の解明を通して、超ウラン新核種の生成を目指して研究が行われた。核分裂の研究に関して西、藤原、中原、および今西は、核分裂で生じる核分裂片の質量、荷電分布、運動エネルギー、角運動量分布などの諸性質の測定から核分裂機構を考察し、この知見に基づき核燃料物質を標的核とした荷電粒子誘起核分裂についても系統的な研究を行った。また、宇宙空間での原子核合成反応や銀河の化学進化などの理論的研究が教務技官大西輝明により行われた。核分裂により生成するホットアトムの化学反応に関連して、西と藤原はウラン水溶液照射により生成する核種の生成経路や酸化還元挙動を核化学的手法により明らかにした。今西と藤原はパイ中間子と原子核や物質との相互作用に関する基礎研究を開始した。中間子原子の形成過程が分子構造に影響されることを見出し、この手法を用いて新機能材料の分子内電子密度分布の微視的状态を研究した。さらに今西は、ミュオン触媒核融合サイクルの素過程に関する研究、六ホウ化ランタンを用いた負イオン源の開発を行っていたが、工学部への転出により、そちらに引き継がれた。不均一反応速度の研究に関して端野は、化学反応における諸相の連続体力学からの構成を試みていたが、端野の転出により、この研究は原子炉事故解析研究部門に引き継がれた。

西の後任の岩崎は、核燃料サイクルの各種プロセスにおける核種の物理化学的挙動について、プロセス工学および安全性の見地に立って基礎的研究を開始した。水素同位体交換反応の研究は岩崎により、水素同位体分離濃縮への適用を目的として始められ、その後尾形および作花が研究に加わった。

水／ハロアルカンや水／水素系を対象に、2液相や固体表面／気相間での同位体交換反応の素過程を速度論的に解明した。さらにレーザー法水素同位体分離に関する研究が岩崎と作花により行われ、作業物質として有用なハロアルカンを見出した。この研究は、ハロアルカンの化学反応特性や光励起過程の基礎的



写真18-10 レーザー法水素同位体分離の研究に用いられた炭酸ガスレーザー光源

研究へと発展した。また、水素同位体の固定化を目指して、水素同位体の材料中における挙動の研究がなされた。岩崎と今西は金属や金属酸化物中へ水素を加速器で注入し、弾性反跳粒子検出法による水素濃度分布の測定から、材料中の水素の存在、移動挙動について研究した。岩崎と作花は、ガラス中での水の存在状態を赤外分光法による測定と電子構造の計算により明らかにした。後に尾形も加わり、他の含水素無機材料としてシリコン－水素系も取り上げられ、水素の存在状態や水素含有による機能発現についての研究が進められている。岩崎の停年退官に伴い、これらの研究は尾形と作花に引き継がれた。

## 5. 原子炉材料研究部門

昭和46(1971)年に、マグネトプラズマ実験装置室が、前年度に完成した宇治地区共同利用の施設である極低温物性化学実験室(化学研究所に附置)に接続して建設された。同実験室には、15テスラ超伝導電磁石、6テスラ超伝導電磁石、3.5トンサイクロトン型電磁石2台、パルス磁場発生装置のほか、パルスマイクロ波実験装置、可視および赤外分光装置、パルス核磁気共鳴装置、超音波吸収実験装置などの、各種の新しい物性実験装置が設備されて、低温・強磁場下でのマグネトプラズマ効果の実験が容易に行えるように

## 第18章 原子エネルギー研究所

なった。その後8テスラ超伝導電磁石、分光実験用7テスラスプリット型超伝導電磁石などが整備された。

昭和46(1971)年に、教授森本武と助手山本正雄による半金属ビスマスの磁気音波電気効果の発見の最初の報告が発表された。この研究は、その後森本と

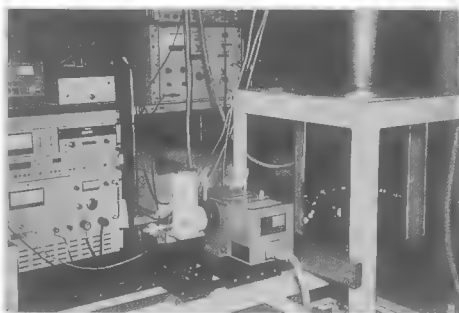


写真18-11 赤外分光装置と7テスラスプリット型超伝導電磁石

助手千葉明朗、竹田澄夫(学生)により  $\text{CO}_2$  レーザー光を用いたビスマスの磁気量子電気効果の発見(昭和51年)へと発展させられた。昭和47年に、低温物理国際会議で森本と助手吉田起國との半金属アンチモンでの負性抵抗の発見が発表された。その後森本は、固体プラズマ効果の研究対象を狭いバンドギャップ半導体のインジウムアンチモナイドに切り替え、同様な負性抵抗の現象を発見した(昭和49年)。その頃から森本の研究は、強磁場下で非平衡な固体プラズマの能動性とレーザー作用に移っていった。このようにして、インジウムアンチモナイドのバルク試料を用いた独創的な磁気電気光効果の増幅作用の研究が森本によって始められた。その後の発展には、千葉の技術的協力も大きい。強い磁場 $H$ を印加した半導体に電流 $J$ を流すだけで室温でも赤外光を発生するこの「磁気赤外発光ダイオード」の特許(米国、英国)は昭和59(1984)年に得られた。2テスラ程度の古典強磁場下でパルス的なレーザー発振に成功した後、平成元(1989)年に、7テスラの量子極限磁場下での実験において、80Kで $J \sim 20 \text{ A/cm}^2$ という極めて小さな電流密度で、強磁場の量子効果により誘導放射が生じることが発見された。このようにして、能動的な磁気光学の研究を、電磁力( $J \times H$ 力)と光との相互作用という能動的世界に拡張した、魅力的な新分野が開かれた。千葉と森本はまた、昭和54(1979)年頃から15テスラ超伝導電磁石を使って、スピン系における量子効果の核磁気共鳴法による研究を始めた。強磁場中の量子スピン効果として、三



角格子反強磁性体におけるフラストレーション、単イオンにおける基底1重項、1次元整数スピン反強磁性体における多体効果による基底1重項(ハルデン効果)、 $S=1/2$ 量子スピン効果による強磁場中相転移などの性質が、この研究により微視的な観点から明らかにされてきた。

山本正雄は、開いたサイクロトロン軌道(Open Orbit)による非線型的なヘリコン波共鳴を金属タリウムで初めて観測した(昭和54年)。また金属亜鉛でのヘリコン波の研究も行い、電子濃度、スピン分離効果などについて信頼度の高い知見を得た。

吉田は昭和58(1983)年に助教授に昇任した。それまで固体中の電流磁気効果やその電磁流体挙動の研究を行ってきたが、その頃から対象を広げて材料物性の研究も始めた。吉田は、多相系の構造と物性との相関関係を定式化し、伝導、誘電、熱電的物性の挙動から媒質構造の知見を得る新たな手法を見出した。この方法は様々な物質系の物性評価に広く用いられるようになった。さらに、多相物質系のクラスター成長の統計力学的な臨界挙動を明らかにし、臨界指数の普遍的性質と臨界点の構造敏感性を実証した。また、平成3(1991)年頃から、高温超伝導体の接合超伝導の研究を行い、特に結晶粒界の超伝導が敏感に左右される不純物の析出挙動と臨界電流の特性を明らかにした。

## 6. 原子核化学工学研究部門

原子エネルギー研究所に改称後、原子核化学工学研究部門は設置目的に沿って原子力分野における化学工学的観点からの研究を分担することとなった。江口彌は、名称変更後も同研究部門を担当していたが、昭和57(1982)年工学部に転出し、その後、原田誠が同年教授に昇任して同研究部門を担当した。また、木下正弘が平成元(1989)年助教授に就任した。

昭和55(1980)年に入る前後の時期において、新たな技術革新が世界的に胎動し始め、多くの工学分野を巻き込む規模の大きい技術革新のトレンドが形成されつつあった。このような状況にあって、本研究所では、昭和62(1987)

## 第18章 原子エネルギー研究所

年前後から、原子力関連学域における研究を發展展開させて、原子力研究を含めて工学分野において重要な総合的課題の研究へと重点を移しつつあった。これを期に、本研究部門は原子核化学工学分野の研究を含めて、分子次元の微視的学理から発して、これを合成総合化しながら生産活動に結びつける分野へと研究の重点を移し始めた。

江口と助手足立基齊は、第2期から引き続き、ヨウ素吸収の機構、平衡と速度に関する研究を昭和56(1981)年まで行った。この研究の特徴は、吸収過程における水相ヨウ素の化学形を詳細に測定し、ヨウ素の気水分配係数と吸収速度係数における複雑な濃度、温度依存性を統一的に解明した点にある。この結果は、科学技術庁が日本原子力研究所に委託して昭和50～56年度に実施した「格納容器スプレー効果実証試験」の評価に活用された。

原田、江口は、燃料再処理や廃棄物処理に多用される溶媒抽出系の合理的操作設計法の確立を目指した研究を第2期に引き続き行い、各種溶媒抽出系における抽出機構と抽出速度を解明し、溶媒抽出操作の設計指針を与えた。この研究は、能動輸送などの特性を持つ液膜操作にも展開され、液液系物質分離の高度化、精密化に寄与しつつある。

核分裂増殖炉や燃料再処理において重要な作動流体は高濃度電解質溶液や溶融塩であり、原子炉芯溶融時には超高温溶融体が問題となる。原田、江口と助手谷垣昌敬は、昭和46(1971)年に、これらイオン性液体の平衡、非平衡物性の予測を可能とする研究に着手し、その後、この研究は、原田、木下と助手塩井章久に引き継がれ、イオン性液体の構造、熱力学的性質ならびに輸送的性質の理論的予測が可能となった。原田、谷垣、塩井は、溶融塩、高濃度電解質溶液、液体金属の輸送物性の実験的研究も行った。特に高温液体材料の熱伝導度を測定する新方式のレーザーフラッシュ法液体熱伝導度測定装置が開発、実用化され、これは科学技術庁長官により注目発明に指定された。さらに、この研究は、原田、江口、足立、谷垣により、高温燃料再処理の基本となる溶融塩－液体金属系液液抽出操作の研究へと展開された。

高レベル放射性廃棄物処分に関連した基礎研究が原田により昭和54(1979)

年から開始された。この研究は、昭和61(1986)年度特別設備を用いて、前述の溶媒抽出、ガラス固化体の水中安定性、核種地中移行の研究へと展開された。木下、原田は、ガラスの水への溶解過程や核種移行過程にランダム過程特有の現象が現れることを世界に先駆けて明らかとし、地中処分評価にこれらの現象を組み込む必要のあることを示した。

原田、木下、足立、塩井は、前述のイオン性流体材料や液体抽出の研究を発展させて、機能性流体材料の分子化学工学的研究を昭和62(1987)年前後から開始した。この研究は、物質系における自己組織化微細構造を制御設計して、これを化学反応、物質分離、エネルギー変換などに適用し、それらの機能化、精密化を図り、化学工学分野における新たな物質研究分野の開拓とその展開を目指したものである。木下、原田、塩井は、水などの有極性分子の界面近傍の構造と物性を解明するための非経験的な手法を開拓し、界面と有極性分子間の相互作用のわずかの相違が有極性分子の配位配向構造に決定的な影響を与えることを示した。また、相転移の現象論を適用して、スピノーデル分相構造などの非平衡構造の発展とその外部場による制御法の解明を行った。

原田と塩井は、ナノメートルスケールの両親媒性分子集合体を対象として、この組織発現機構の解明とその制御法の研究を行った。特に、水と両親媒性分子とから形成される高分子状組織の形成機構を解明するとともに、ナノ構造組織を制御しながら種々の材料化を図る方法を展開した。原田、足立、塩井は、両親媒性分子集合体の持つマイクロ反応場、マイクロ分離場としての特性を、光応答性の半導体超微粒子の形成と機能、酵素・分子集合体超分子、タンパク質などの分離を対象として、明らかとした。これらの基礎研究は、化学反応、物質分離、エネルギー変換、機能性材料などの高機能化、精密化に大きく寄与する。

## 7. 放射線応用工学研究部門

原子力の分野が成熟期を迎えるとともに、本研究部門では化学プラズマの

基礎と応用および原子力に関連する材料の物理的・化学的見地からの研究を進めてきたが、さらに、原子力を含めたより広いエネルギー変換材料の開発を目指して研究を発展させつつある。物理工学部門から転換当初より本研究部門を担当してきた教授鉤三郎が昭和61(1986)年に停年退官した後、平成5(1993)年浅野満が教授に昇任して本研究部門を担当した。その間、昭和41(1966)年に原田敏夫、同42年に水谷保男が助手に任用されて今日に至っている。

化学プラズマ中の粒子種とその濃度を研究するため、鉤は統計力学的手法により熱平衡時の濃度を計算し実測値との比較を行って、粒子種濃度の推算には熱的過程と粒子衝突電離過程を組み合わせる必要があることを明らかにした。また、鉤は酸化ジルコニウムなどの高融点酸化物陽極とタンタル陰極間に真空中でアークを発生させて陽極物質を蒸発、プラズマ化すると、その中の陽イオンが陰極上に析出することを見つけ、これをプラズマ電解と命名した。そして、酸素の微量導入によって無色透明な化学量論的酸化ジルコニウム単結晶を析出させることに成功した。

黒鉛フィラメントを用いる表面イオン化法とその同位体分析への応用の研究が浅野により実施された。遷移金属などの試料を炭化物化することにより、金属イオン強度が強くなることを見出し、高感度化を実現して、黒鉛のような非金属材料上での表面イオン化の研究に先鞭をつけた。質量分析計を用いて高温における固体物質の熱分解や固体-固体間反応を研究するために、浅野は原田と水谷の協力を得て、マススペクトロメトリックサーマルアナリシス法を改良し、その材料化学への応用を試み、マイクログラムオーダーの試料量で2,000K以上における高温化学反応の研究を可能とする成果をあげた。

昭和49・50兩年度に核燃料、炉材料の蒸発ならびに表面電離の基礎と応用に関する研究装置が特別設備費によって設置された。浅野、原田と水谷は主としてクヌーセンセルと質量分析計よりなる蒸発実験装置を用いて、核融合炉トリチウム増殖固体ブランケット材料として候補に上がっている種々のリ

チウム化合物の高温における蒸発挙動を明らかにし、熱化学量を求めて、候補材料の熱化学的安定性からの選択基準を確立した。また、高レベル放射性廃棄物固化ガラスの蒸発抑制の研究を行い、特にセシウムの蒸発の抑制に効果的なガラス組成を明らかにして、蒸発抑制のための方策に指針を与えた。さらに、

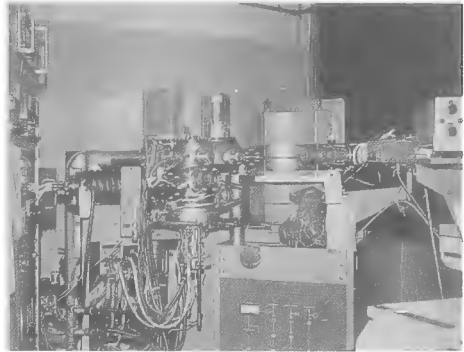


写真18-12 蒸発実験装置

この設備費により整備された表面電離実験装置を用いて、逆電位変調法により表面電離イオンのエネルギー分布測定を行い、仕事関数の変化より耐熱性固体表面の構造や化学形態を研究する方法を開拓した。

固体基板表面の格子欠陥と化学的、熱的に生成させたエッチピットの方位との関係が原田によって明らかにされ、電着により析出した結晶核が欠陥位置より生じること、また結晶成長がらせん転位に関係していることを示した。さらに、基板表面の真空熱処理による清浄化過程、合金のスパッター表面における成分金属による選択的単原子層被覆過程および分子ビーム法による単結晶表面における薄膜のエピタキシャル成長過程などを明らかにした。黒鉛および炭素質の層間化合物は、軽量の電気伝導材料や高密度電池活物質などへの応用が有望視されている。水谷は黒鉛層間化合物の相転移と熱膨張特性を研究するとともに、浅野、原田と協力して2元系層間化合物に加え、多種類のインターカレート層間に侵入させた新規のマルチ層間化合物や複層層間化合物を多数合成して、その構造を決定し、さらに、デバイ・ワーラー因子などの測定より、格子振動特性を明らかにした。

## 8. 原子炉保安工学研究部門

昭和46(1971)年には笠原三紀夫が助手として加わり、同49(1974)年には助

手工藤章(在任昭和44～49年)が転出したが、エアロゾルに関する基礎研究を基盤とした、保健物理ないし衛生工学的研究が本格的に行われるようになった。一方、教授高橋幹二、助教授楠城力、技官田町敏夫(在任昭和44～60年)らによって、放射性汚染ガスの地中移動実験や原子炉地下設置の安全解析コードの開発研究が行われたが、楠城は昭和51(1976)年に高松工業高等専門学校に転出した。その後、昭和51年には伊藤正行(平成6年同志社大学に転出)、同55(1980)年には東野達が助手に就任し、基礎から応用に至る多面的なエアロゾルの研究が行われ現在に至っている。

光散乱現象はエアロゾル粒子の粒径・動的特性の計測に広く用いられているが、高橋、伊藤らは、レーザー光散乱スペクトロスコピー、特に光子相関法のエアロゾル計測への応用に力を注いできた。これによって微小粒子のブラウン拡散係数が求められ、様々な雰囲気ガス中における粒子の動力学挙動の実験が可能となった。最近では、4極子セル中に保持した単粒子のレーザー照射下での挙動実験、凝集粒子の粒径測定などにも応用されている。このほかに、レーザードップラー信号に含まれる情報の解析から、粒子の粒径と速度の同時計測、粒子の2次元速度の同時計測などの研究も行った。

助教授に昇任(昭和52年)した笠原、高橋、伊藤らは、大気中におけるガス状汚染物質からの光化学的生成について理論的、実験的研究を行い、二酸化硫黄が粒子生成に大きな役割を果たすこと、種々の炭化水素ガスの光化学的粒子生成能はそれらのオゾン生成能と同じ傾向を持つことなどを明らかにした。また、核生成と温度、湿度との関係、既存粒子の役割などについても検討した。

笠原、高橋らは大気中の粒子状汚染物質の発生源寄与評価に用いられるリセプタモデルにつ

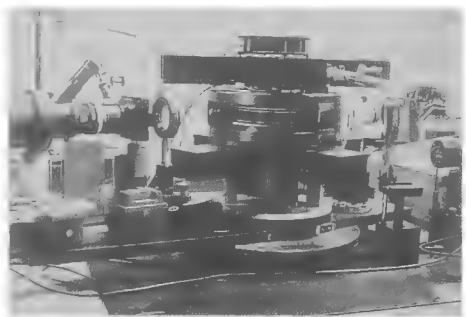


写真18-13 レーザー光散乱スペクトロメーター

いて、既存のデータを用いながら様々な角度からその有効性・信頼性について検討した。また最近では、大気エアロゾル粒子の元素組成分析にPIXE (Proton-induced X-ray emission)法を適用するための、標準試料の作成、試料捕集法、照射条件、データ解析法などについて詳細な検討を行い、これを様々な状況の大気試料に適用して、その特性を明らかにするとともに、多くのデータを集積している。

高橋らは、吸入粒子の呼吸器内の挙動を動力的に明らかにするために、汎用的な粒子沈着モデルを作成した。計算モデルは、吸湿性粒子、繊維状粒子、荷電粒子について、任意の呼吸波形に適用できる。また、各種の小哺乳動物についても同様の計算モデルを作成中である。エアロゾル医薬として利用を目的として、種々の医薬物を含有した単分散粒子の生成法についても実験的に検討した(田町)。このほかに、凝集粒子などの非球形粒子の形状計測や形状と動力学特性の関係(東野)、エアロゾルプロセスによる高濃度超微小金属粒子の生成とその物性(伊藤、東野)、大気エアロゾルの地球環境影響特に地球熱収支への影響(高橋、伊藤)、大気汚染物質の酸性化とエアロゾルの役割あるいはその地表への輸送(笠原)、などの研究も行われており、平成6(1994)年には山本浩平が助手としてこれらの研究に参加している。これらの研究成果や学会活動に対して、大気汚染研究協会賞(高橋、昭和59年、笠原、平成2年)、産業公害防止論文賞(笠原、昭和62年)、国際エアロゾル研究連合フェロー賞(高橋、平成2年)が授与された。また、この間、昭和55(1980)年頃から、エアロゾル研究をめぐる国内外の交流が活発となり、昭和58年エアロゾル研究協議会(平成4年より日本エアロゾル学会)発足とともに、研究室全員はその運営に積極的に参画した。また、平成2(1990)年には京都において第4回エアロゾル国際会議を成功させるのにも大きく寄与した。昭和63(1988)年からはウィーン大学実験物理学科との間で、微小エアロゾル粒子の物理化学的挙動、エアロゾルの大気環境影響について2度にわたる共同研究が行われ、この間延べ20名に近い人的交流が行われている。

## 9. 原子炉事故解析研究部門

原子炉事故解析研究部門は、原子炉において発生する可能性のある故障の状況を分析し、故障の可能性を減らすこと、事故への拡大を防止することなどの研究を目的として、昭和47(1972)年に新設された。昭和49年原子燃料研究部門助教授端野朝康が本研究部門教授に転じ、同年内藤静雄が助手に就任し、研究活動を開始した。昭和52(1977)年橋富興宣が、同57年には土山辰夫が技官に就任し、今日まで研究活動を助けている。昭和60(1985)年内藤は助教授に昇任し、同年山本雅博が助手に就任し、平成3(1991)年に端野は停年退官し、現在に至っている。

本研究部門では原子炉事故解析の基本問題を解明することを目指し、事故時に現れる可能性のある現象の本質を把握するための物理的問題を取り上げてきた。特に原子炉材料が外部作用によって劣化し、破局状態に至る非可逆挙動を記述する物理モデルを確立することを中心に研究を行ってきた。現在では、有用な新機能材料の物性に関する研究へと展開している。

原子炉材料の非可逆挙動の研究は、端野によって、遷移金属の水素吸収に伴う材料の劣化に関連して状態方程式を決定する研究から始められた。金属と水素および水素と水素の相互作用、水素吸収による金属の格子変形の影響を取り入れた状態方程式を連続体熱力学、統計力学を使って導き、ジルコニウム、ハフニウムの水素吸収挙動を再現することを可能にした。次に、材料の非可逆挙動を解明するため、端野は、状態方程式を非可逆過程の典型であるマルテンサイト変態を含む相変化を記述できるように拡張することを試み、スピノーダル分解や金属の構造相転移に現れるマルテンサイト変態を定性的に説明した。さらに、状態方程式を決定する過程で必要になる水素吸収熱、水素吸収に伴う金属格子の膨張および弾性率の変化などを実験的に求め、電子論によって説明することを始めた。この研究は内藤、山本に引き継がれ、材料物性の推定へと展開している。

遷移金属の水素同位体吸収の動的過程の研究が、原子炉材料における水素



脆性の問題点を明らかにするため、内藤により進められた。チタン、ジルコニウム、ハフニウム中での水素、重水素の拡散を実験的に調べることににより、遷移金属中での水素拡散の機構、拡散の同位体効果、金属表面での水素の解離吸着の吸収速度へ

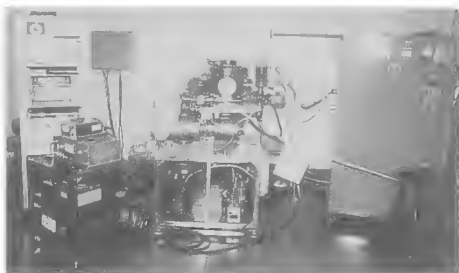


写真18-14 核エネルギー炉材料高温挙動測定装置

の影響が明らかになった。この研究は、パラジウム、イットリウム、チタンアルミニウム金属間化合物のような特徴的な性質を持つ金属における水素拡散機構の解明へと進み、金属の電子状態、フォノンから拡散機構を推定し、さらに水素を吸収した金属の結晶構造や水素吸収熱および弾性率などの材料物性を推定する研究へと進んでいる。この研究の過程で、表面に形成される酸化被膜の水素吸収に対する重要さが判明し、金属表面の酸化機構の研究へと発展した。遷移金属表面の酸化機構の研究では、ジルコニウム表面での酸化被膜成長の速度論的考察を、山本が始めた。初期酸化の段階では酸素の解離吸着、酸化物の核生成、膜成長を経て表面酸化が進むことを実験的に明らかにした。次いで、オージェ電子、電子エネルギー損失、2次電子分光などの表面分光の手法を用いて酸化過程における金属表面の電子状態を調べ、同時にエネルギーバンド計算やその他の方法で電子状態を計算し、両者を比較検討して計算手法を確立することを試みた。この計算により、遷移金属表面の酸素、窒素、水素吸着状態の概略が予測できるようになった。この研究は、電子エネルギー損失微細構造測定法の確立、電子状態計算の高速化などの努力と相まって、固体材料の物性推定という方向に発展しつつある。

## 10. 原子エネルギー変換研究部門(客員)

原子エネルギー変換研究部門は、昭和53(1978)年4月に設置された。教授・助教授各1名が、任期3年(重任の場合は5年)で、他大学あるいは公的

## 第18章 原子エネルギー研究所

研究機関の職員から併任され、固定研究部門とも協力しながら研究を行っている。

昭和53～56年には、教授矢野淑郎(神戸商船大学)、助教授押山宏(京都工芸繊維大学)が、粒子線工学研究部門ほかと協力して、大電流イオンパルスイオンビームやプラズマの粒子線診断法に関する研究を行った。次いで、昭和56～59年には、教授植松邦彦(動力炉・核燃料開発事業団)、助教授岡本正雄(名古屋大学)が、他の固定研究部門との協力のもとに、核燃料サイクル、核融合炉炉心プラズマ制御、原子炉安全性などに関する研究を行った。

昭和59～平成元年には教授松下寛(中部大学)、昭和59～62年には講師三宅義和(京都工芸繊維大学)、昭和62～平成元年には講師平田雄志(大阪大学)が、原子燃料、原子核化学工学各研究部門などと協力して、核燃料プロセスの物理化学、溶液物理化学、放射性廃棄物中の化学種の物理化学特性と分離濃縮法、輸送現象などに関する研究を行った。平成元～4年には、教授田村博(京都工芸繊維大学)、助教授高野頌(同志社大学)が、原子炉計測工学、原子炉保安工学各研究部門とも協力して、エネルギー変換システムの信頼性、ヒューマンインターフェイス、放射性エアロゾルの動力学特性などの研究を行った。

平成4(1992)年には、教授山崎鉄夫(工業技術院)、助教授土井稔(名古屋工業大学、平成6年まで)、平成6(1994)年には伊藤孝(京都工芸繊維大学)が任用され、粒子線工学、原子炉事故解析各研究部門とも協力して、自由電子レーザーの高品質化あるいはエネルギー変換材料、特に金属組織学などに関する研究を行っている。

### 第 3 節 研究所の将来展望

科学技術の急速な進展に対応して、大学附置研究所がその課せられた使命を果たすには、研究課題に対する不断の見直しと研究組織変革への努力が必須であることは論をまたない。本研究所は設立以来、2 度にわたる大きな改組・転換を含む少なからぬ変遷を経てきたが、今日のエネルギー問題や地球環境問題などに代表されるようなグローバルな重要課題の研究に対しても、工学における学際的・総合的研究を指向してきたこれまでの伝統は、ますます大きな意義を持つものといえよう。

当研究所は、特に最近の10年間、エネルギーを中心とする広い分野において、基礎から応用に至る多くの研究成果をあげてきた。エネルギーは、人類の生存・持続的発展の基礎をなすものであり、このような課題を対象とする研究教育体制は、科学技術を基盤としながらも、社会・経済・環境などを包含する総合的・学際的なものでなければならない。今日、人類の直面する諸課題に対応すべく工学そのものの再構築、大学における新しい研究教育組織の再編成が要請されている。このような中で、当研究所は、その伝統と実績をふまえて、本学における新しい研究教育組織の再編創生に寄与できることを期待している。